

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Konzervační schopnost povlaků aplikovaných na materiály  
hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu**

Conservative Ability of Coatings Applied on Materials  
Metallurgical Performance for Short - Term Anticorrosive  
Protection

Student:

Bc. Daniela Pavelková

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2013



VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Daniela Pavelková**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: Konzervační schopnost povlaků aplikovaných na materiály hutní  
produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu  
Conservative Ability of Coatings Applied on Materials Metallurgical  
Performance for Short - Term Anticorrosive Protection

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vliv korozního prostředí na výrobky hutní produkce.
2. Prostudujte vlastnosti konzervačních prostředků pro krátkodobou protikorozi ochranu.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.  
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.  
BARDAL, E.: *Corrosion and Protection*. Springer - Verlag London Limited, 2004. 315 s. ISBN 1-85233-758-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych zde poděkovala lidem, bez jejichž pomoci by tato práce nevznikla. Především děkuji svým rodičům, kteří za mnou po celou dobu studia stáli a podporovali mne.

Dále děkuji Ing. Kateřině Suchánkové a Ing. Tomáši Laníkovi PhD., za rady a pomoc při vykonávání experimentálních prací, konzultace, připomínky a poskytnutí materiálů. Také děkuji celé Katedře mechanické technologie za vřelý a laskavý přístup ke studentům.

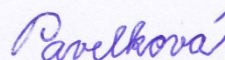
Obzvláště děkuji doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za cenné rady a trpělivost při vedení mé práce.



### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 20.5. 2013



.....  
podpis studenta



**Prohlašuji, že**

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5. 2013



Daniela Pavelková

Bc. Daniela Pavelková

ČSA 723

738 01 Frýdek-Místek



## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVELKOVÁ, D.: *Konzervační schopnost povlaku aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 171s., vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Diplomová práce se zabývá konzervační schopností povlaků aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu. V úvodu práce je popsán vliv korozního prostředí na výrobky hutní produkce a vlastnosti konzervačních prostředků pro krátkodobou protikorozi ochranu. Experimentální část se zabývá zkoušením tří nátěrových systémů na různých podkladových materiálech. První nátěr byl Valvoline Tectyl 506EH aplikovaný na ocelový plech typu KOSMALT – E 300T. Druhým nátěrovým systémem byl VCI -368 nanesený také na ocelový plech KOSMALT – E 300T. Posledním nátěrovým systémem byl nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu, kde podkladovým materiálem je vzorek STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Návrh metodiky prací a vyhodnocení provedených zkoušek jsou zpracované ve formě grafů, fotografií a tabulek.



## ANNOTATION OF MASTER THESIS

PAVELKOVÁ, D.: *Conservative Ability of Coatings Applied on Materials Metallurgical Performance for Short - Term Anticorrosive Protection Study*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 171 pages, Advisor master thesis: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

This master thesis deals Conservative Ability of Coatings Applied on Materials metallurgical performance for short - term anticorrosive protection study. The introduction describes the influence of environment on Metallurgical production and preservative properties for short term corrosion protection. The experimental part deals with the testing of coating systems on three different underlying materials. The first coat was Valvoline Tectyl 506EH applied to steel sheet type KOSMALT - E 300T. The second coating system was also applied VCI -368 for steel sheet KOSMALT - E 300T. The final coating system was nanoinhibitorový water-soluble acrylic based paint, which has been based on sample standard from low carbon steel. Proposed methodology of work and evaluation of tests is presented in the diagrams, photos and tables.

**Seznam použitých značek a symbolů**

<b>Veličina</b>	<b>Popis</b>
O	kyslík
Mg	hořčík
Al	hliník
Fe	železo
Ca	vápník
Ag	stříbro
Zn	zinek
N	dusík
Cu	měď
Na	sodík
S	síra
CaCO <sub>3</sub>	uhličitan vápenatý
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyselina sírová
Cd	kadmium
Ra	střední aritmetická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ]
lr	základní délka [mm]
Rz	největší výška profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Zp	výška výstupku profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Zv	hloubka prohlubně profilu [ $\mu\text{m}$ ]
Rp	největší výška výstupku profilu [ $\mu\text{m}$ ]



### Seznam použitých značek a symbolů

<b>Veličina</b>	<b>Popis</b>
$R_v$	největší hloubka prohlubně profilu [ $\mu\text{m}$ ]
$R_q$	průměrná kvadratická úchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ]
$R_{sk}$	šířmost posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]
$R_{ku}$	špičatost posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]
pH	stupnice kyselosti a zásaditosti
ČSN	česká státní norma
EN	evropská norma
ISO	mezinárodní norma
$\Delta G$	entalpie
T	teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$E_p$	pasivační potenciál
$E_t$	transpasivační potenciál
$\lambda_c$	filtr profilu
L	délka měřeného úseku
NaCl	chlorid sodný
$\text{H}_2\text{O}_2$	peroxid vodíku

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>14</b>
<b>1. VÝZNAM KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANY.....</b>	<b>15</b>
1.1 Koroze.....	15
1.2 Rozdělení koroze.....	16
1.2.1 Rozdělení koroze dle mechanismu.....	17
1.2.2 Druhy korozního napadení.....	19
1.2.3 Rozdělení koroze podle rozhodujícího korozního činitele.....	24
1.2.4 Rozdělení koroze podle prostředí.....	28
1.3 Faktory ovlivňující korozi.....	31
1.3.1 Vnější faktory.....	32
1.3.2 Vnitřní faktory.....	32
1.3.3 Stav mat., stav kor. prostředí, vlivy spojené s konstrukcí výrobku.....	34
1.4 Ochrana proti korozi.....	37
1.4.1 Úprava korozního prostředí.....	38
1.4.2 Elektrochemická ochrana kovového materiálu.....	39
1.4.3 Volba vhodného konstrukčního materiálu.....	42
1.4.4 Povrchové úpravy kovů.....	44
1.4.4.1 Rozdělení povrchových úprav materiálu.....	45
1.5 Korozní zkoušky.....	46
1.5.1 Vyhodnocení korozních zkoušek.....	49
1.5.1.1 Kvalitativní metody.....	49
1.5.1.2 Kvantitativní metody.....	50
1.5.2 Laboratorní metody zkoušení koroze.....	51
1.5.2.1 Metody zkoušení vrstev na materiálech.....	51
1.5.2.2 Metody zkoušení kovů na plynou korozi.....	51
1.5.2.3 Metody zkoušení koroze kovů v elektrolytech.....	52
1.5.2.4 Urychlené laboratorní zkoušky.....	53
1.5.3 Zkoušky v přírodních podmínkách.....	54
1.5.3.1 Korozní zkoušky v atmosféře.....	54
1.5.3.2 Korozní zkoušky v přírodních vodách a půdách.....	55
<b>2. POVRCHOVÁ OCHRANA.....</b>	<b>56</b>
2.1 Příprava povrchu.....	56
2.2 Kovové povlaky a vrstvy.....	56



2.3	Organické povlaky a vrstvy.....	58
2.3.1	Obklady a vyložení deskami z plastů a pryží.....	58
2.3.2	Vrstvy tmelů, past a stěrkových hmot.....	58
2.3.3	Ochranné povlaky z plastů.....	59
2.3.4	Nátěry.....	60
2.3.4.1	Označování nátěrových hmot.....	61
2.3.4.2	Základní složky nátěrových hmot.....	62
2.3.4.2.1	Filmotvorné látky .....	63
2.3.4.2.2	Pigmenty.....	63
2.3.4.2.3	Těkavé složky.....	67
2.3.4.2.4	Ostatní přísady (aditiva).....	67
2.3.4.3	Volba nátěrového systému pro protikorozi ochranu.....	68
2.3.4.4	Nátěry pro vnější atm. pod a pro povrchy exp. ve vodě.....	68
2.3.4.5	Nanášení nátěrových hmot.....	69
2.3.4.5.1	Nanášení štětcem.....	69
2.3.4.5.2	Nanášení navalováním.....	70
2.3.4.5.3	Nanášení namáčením a poléváním.....	70
2.3.4.5.4	Nanášení pneumatickým stříkáním.....	71
2.3.4.5.5	Nanášení pomocí elektrických sil.....	71
2.3.5	Vrstvy olejů, tuků a vosků.....	71
2.3.6	Anorganické nekovové povlaky a vrstvy.....	72
2.3.6.1	Konverzní povlaky.....	72
2.3.6.2	Anorganické povlaky vytvrzované za studena.....	72
2.3.6.3	Povlaky ztavené ze skelných prášků – smalty.....	72
2.3.6.4	Vysokotavitelné keramické povlaky .....	73
2.3.6.5	Vyzdívky.....	73
<b>3.</b>	<b>KRÁTKODOBÁ OCHRANA PROTI KOROZI.....</b>	<b>74</b>
3.1	Ukázky krátkodobé ochrany v praxi .....	75
3.1.1	Společnost CORTEC Czech s.r.o.....	75
3.2	Ochranné prostředky Tectyl.....	77
<b>4.</b>	<b>METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....</b>	<b>78</b>
4.1	Popis experimentálních prací .....	79
4.1.1	Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků.....	79
4.1.1.1	Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T .....	79



4.1.1.2	Vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli.....	80
4.1.1.3	Značení zkušebních vzorků.....	81
4.2	Hodnocení povrchu vzorků.....	81
4.2.1	Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3.....	81
4.2.2	Měření drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 428.....	83
4.3	Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů dle ČSN EN ISO 2808.....	83
4.4	Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů dle ČSN EN ISO 2808.....	85
4.5	Zkoušky přilnavosti antikorozního systému.....	86
4.5.1	Zkouška přilnavosti mříž. met. dle ČSN ISO 16276-2.....	86
4.5.2	Zkouška přilnavosti kříž. řezu dle ČSN ISO 16276-2.....	87
4.6	Korozní zkouška nátěrů v solné korozní komoře dle ČSN EN ISO 9227...	89
4.7	Ponorová zkouška dle ČSN 673087.....	90
4.8	Korozní zkoušky v atmosféře.....	91
<b>5.</b>	<b>PROVEDENÍ A VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....</b>	<b>92</b>
5.1	Hodnocení povrchu vzorků.....	92
5.1.1	Hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3.....	92
5.1.2	Stanovení drsnosti povrchu dle ČSN EN ISO 4287.....	93
5.1.2.1	Vyhodnocení drsnosti KOSMALT - E 300T.....	93
5.1.2.2	Vyhodnocení drsnosti vzorku STANDARD.....	98
5.2	Aplikace nátěrů na vzorky.....	102
5.2.1	Aplikace Valvoline Tectyl 506 EH.....	102
5.2.2	Aplikace nátěru VCI – 368.....	102
5.2.3	Aplikace nanoihibitorovým vodou řed. lakem na bázi akrylátu ...	103
5.3	Stanovení tloušťky mokré vrstvy nátěrů dle ČSN EN ISO 280.....	104
5.4	Stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrů dle ČSN EN ISO 2808.....	105
5.5	Zkoušky přilnavosti antikorozního systému.....	107
5.5.1	Zkouška přilnavosti mřížkovou met. dle ČSN ISO 16276-2.....	107
5.5.2	Zkouška přilnavosti kříž. řezu dle ČSN ISO 16276-2.....	111
5.6	Korozní zkouška v solné komoře dle ČSN EN ISO 9227.....	113
5.6.1	Fot. vzorků s nátěry na počátku a konci cyklů zkoušky.....	115
5.7	Ponorová zkouška dle ČSN 67 3087.....	123
5.8	Atmosférická zkouška.....	132
<b>6.</b>	<b>CELKOVÉ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK.....</b>	<b>135</b>
6.1	Vyhodnocení povrchů vzorků.....	135





6.1.1	Vyhodnocení zaprášení povrchů dle ČSN ISO 8502-3 .....	135
6.1.2	Vyhodnocení drsnosti povrchů dle ČSN EN ISO 4287.....	136
6.2	Vyhod. tl. suché a mokré vrstvy nátěr. syst. dle ČSN EN ISO 2808.....	138
6.3	Vyhodnocení zkoušek přilnavosti antikorozního systému.....	139
6.3.1	Vyhodnocení zkoušek přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2 .....	139
6.4	Vyhodnocení korozní zkoušky DLE ČSN EN ISO 9227 .....	140
6.5	Vyhodnocení ponorové zkoušky dle ČSN 673087 .....	144
6.6	Vyhodnocení atmosférické zkoušky .....	148
<b>7.</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>150</b>
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>153</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>155</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>159</b>



## ÚVOD

Povrchová ochrana materiálu je nedílnou součástí dnešního světa. Neustále se zvyšující nároky na ošetření povrchu základního materiálu si vyžadují nové typy nátěrových systémů a moderní technologie jejich aplikace. Hlavním tématem je zvyšování jakosti, životnosti při dodržení nebo snížení ekonomických nákladů a splnění ekologických požadavků.

Důležitým aspektem pro realizaci požadovaných vlastností nátěrových systémů je již předúprava daného podkladového materiálu. Správné provedení předúpravy má značný vliv na dobrou přilnavost nátěru k podkladovému materiálu, na jeho odolnost vůči okolnímu prostředí, životnost a estetickou stránku.

Ochrana před korozi má velký význam nejen v průmyslových oblastech. Korozi podléhají téměř všechny materiály, jako kovy a jejich slitiny, ale také anorganické i organické materiály. Intenzita znehodnocení materiálu prochází více stádií, od nežádoucí změny vzhledu, až po úplný rozpad materiálu. Cílem těchto povrchových úprav je zlepšení mechanických, chemických, magnetických, optických a také tribologických vlastností.

Základním mechanismem povlaků je vznik bariéry mezi chráněným kovem a korozním prostředím. Vytvořená bariéra zmenšuje přístup agresivních složek z prostředí, jako jsou agresivní plyny ve vzduchu, vodě a ostatní chemikálie, k základnímu materiálu.

Z časového hlediska existuje krátkodobá a dlouhodobá protikorozní ochrana. Krátkodobá ochrana se využívá převážně v průběhu skladování a přepravě výrobků. Cílem této ochrany je předání výrobků odběrateli ve stavu neporušeném s požadovaným vzhledem a vlastnostmi. Oproti dlouhodobé ochraně je zde důležité také snadné odstranění těchto nátěrových systémů. Využití krátkodobé ochrany je velmi žádané a účinné při námořní dopravě. V současné době jsou zvyšovány požadavky nejen na ochranu přepravovaného materiálu, ale především na bezpečnost lidí, kteří se o tyto operace starají.

Diplomová práce je zaměřena na konzervační schopnost povlaků aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozní ochranu. Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část se věnuje vlivu korozního prostředí na výrobky hutní produkce a vlastnosti konzervačních prostředků pro protikorozní ochranu. Druhá experimentální část diplomové práce se zabývá zkoušením tří nátěrových systémů na různých podkladových materiálech.



## 1. VÝZNAM KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANY

Stavby, konstrukce, zařízení i jiné předměty jsou neustále vystaveny agresivitě působení prostředí, jehož účinek se projevuje jako koroze materiálů, ze kterých jsou vyrobeny. Dalším problémem je zhoršení funkčních vlastností konstrukčních celků. Z nutnosti zachovat správnou funkci zařízení a omezit hospodářské následky koroze plyne snaha po jejím omezení. [1]

Smysl protikorozní ochrany nespočívá pouze v zamezení ztrát materiálů a lidské práce. Velká náročnost korozních podmínek a neznalost vyhovující ochrany zařízení proti korozi často nedovoluje realizovat potřebný proces buď vůbec, nebo jen v omezené míře. Výběr ochrany použitých při konstrukci zařízení představuje obvykle 5% nákladů na konstrukci. Při správně zvolené metodě na ochranu proti korozi dochází ke zkracování ztrátových časů na čištění a údržbu, ale také se snižují náklady na čisticí a opravářské prostředky. Dochází ke zlepšení vzhledu zařízení, což přispívá k jeho lepší prodejnosti a k udržení se na trhu. [1]

Neexistuje průmyslový obor, ve kterém by koroze nepůsobila a kde by nebyla potřeba omezit její rozsah. Pro správnou funkci jednotlivých zařízení a dobrý chod hospodářství má volba protikorozní ochrany stejný význam jako preventivní lékařská prohlídka člověka. [1]

### 1.1 KOROZE

Koroze je samovolně probíhající proces znehodnocování materiálu působením vnějšího prostředí. Děje nebo reakce, které jsou základním původem korozního poškození materiálů, jsou fyzikálně chemické povahy. Především se jedná o elektrochemické reakce, které bývají nejčastější příčinou koroze kovů a dále to jsou chemické reakce, popř. fotooxidace vzdušným kyslíkem, které jsou jedním z důvodů stárnutí plastů, nátěrů a pryží. Fyzikálně chemická povaha procesu rozlišuje korozi od mechanických způsobů porušování materiálů. Průběh korozního procesu je způsobován tím, že korozní systém směřuje do pravděpodobnějšího neuspořádanějšího stavu s menší volnou entalpií. [1]

Korozi podléhá většina kovů. Jejich odolnost určují nejen elektrochemické vlastnosti kovové hmoty, ale také fyzikální stav, chemické složení, technologie výroby. Faktory, které mají vliv na vývoj koroze, označujeme jako činitele korozního procesu.

Činitele korozních procesů dělíme na dvě skupiny. Do první skupiny patří činitele vnitřní, kde se jedná především o strukturu, složení materiálu a způsob výroby. A druhá skupina jsou činitele vnější, ta nám popisuje prostředí, teploty, relativní vlhkost, čas působení korozního procesu. [2]

Koroze může samovolně probíhat jen tehdy, když energie původních složek korozní soustavy je větší než energie korozních produktů. Nestabilita složek v dané soustavě je popisována velikostí úbytku volné entalpie  $\Delta G$ , korozní reakce probíhající v tomto systému. Kritériem uskutečnitelnosti koroze je velikost úbytku volné entalpie. Podle změny volné entalpie je posuzován vliv jednotlivých podmínek na snížení nebo zvýšení pravděpodobnosti vzniku koroze a lze stanovit i podmínky, za kterých koroze nemůže probíhat. [1]

### **Mechanismus koroze styku**

V počátečních okamžicích přímého spojení kovů s kyslíkem vzniká monomolekulární vrstva sloučeniny obou prvků. Kdyby vzniklá vrstva oddělovala nepropustně kov od prostředí, zastavila by dalšímu slučování a zhotovila by tak pasivní povrch, netečný k dalšímu působení daného prostředí. Ve skutečnosti se průběh koroze nezastaví, naopak pokračuje pomalejší rychlostí dále. Sloučeniny kovů s korozním činitelem prostředí vytvářejí na povrchu ochrannou vrstvu, která slouží jako zpomalení dalšího korozního pochodu. Vrstva je do jisté míry nepropustná a to nejen pro korozní prostředí, ale také pro kov. Při protisměrném pohybu v celé vrstvě a její těsné blízkosti probíhá korozní reakce, přičemž vrstva narůstá z obou stran, jak ze strany prostředí, tak ze strany kovu. [3]

## **1.2 ROZDĚLENÍ KOROZE**

Důsledkem vzájemného působení činitelů koroze je částečné nebo úplné rozrušení materiálu. Podle toho, který z faktorů je dominující, dělíme korozi do jednotlivých skupin. [3]

Nejpoužívanější rozdělení koroze:

### **1. Podle mechanismu:**

- chemická
- elektrochemická



2. Podle vzhledu:
  - rovnoměrná
  - nerovnoměrná
3. Podle rozhodujícího činitele:
  - koroze při napětí
  - koroze za únavy materiálu
4. Podle prostředí:
  - atmosférická
  - ve vodě
  - v plynech
  - v půdě [3]

### 1.2.1 ROZDĚLENÍ KOROZE DLE MECHANISMU

Při korozi chemické a elektrochemické jde o destruktivní působení na kov chemickou a elektrochemickou reakcí. [3]

#### **Elektrochemická koroze**

Elektrochemická koroze je rozrušení kovových materiálů vlivem elektrochemického vzájemného působení s venkovním elektrolytickým vodivým prostředím. Dochází k ní při vzájemném působení kovů s elektrolyty, vodou, vodními roztoky soli, kyselinami, zásadami, roztavenými solemi i louhy. Jedná se o elektrochemické heterogenní reakce elektrolytů s kovy. [3]

Koroze je popisována korozním dějem v elektrolytu za vzniku galvanického článku. Články nazýváme makročlánky nebo mikročlánky a to podle toho, zda jsou elektrody toho článku makro nebo mikro rozměru. Makročlánky jsou vytvářeny samostatnými elektrodami v elektrolytu, zatímco mikročlánky jsou dány nehomogenitou jednoho materiálu. [3]

Pro elektrolyt je základním znakem jeho elektrická vodivost. Podle vodivosti rozdělujeme látky na:

- kovy - elektronové vodiče
- elektrolyty - iontové vodiče [3]

## Chemická koroze

Chemická koroze je rozrušení kovových materiálů působením chemického působení okolního prostředí. Projevuje se především působením suchých plynů, vzduchu, produktů hoření a v kapalných neelektrolytech jako je benzen a nafta. Je heterogenní chemickou reakcí kapalného nebo plynného prostředí s kovy. [3]

Nejrozšířenější chemickou korozi je koroze plyny, především při vysokých teplotách. Termodynamická nestálost v daném plynném prostředí při stanovené teplotě a parciálním tlaku agresivní složky je základní příčinou koroze. Slitiny, které odolávají korozi plyny při vysokých teplotách, se nazývají žáruvzdorné. [3]

Typickým případem chemické koroze je oxidace, při které se na povrchu kovů vytvoří vrstva oxidů. V případě, že je vytvořená vrstva pórovitá nebo lehce z povrchu odpadává, může reakce mezi prostředím a kovem pokračovat tak dlouho, až dojde k rozrušení celého materiálu. V opačném případě, jestliže je vrstva nepropustná nebo dobře přilne k povrchu, chemická reakce se zpomalí nebo úplně zastaví. [3]

Chemickou korozi dělíme dle korozního prostředí:

- koroze v plynech
- koroze v kapalinách, neelektrolytech [3]

Koroze v plynech se projevuje působením vnějšího prostředí na kovový podklad za vzniku chemické sloučeniny. Vzdušný kyslík je základní korozní složkou v plynném prostředí. Většina kovů má sklon ke tvorbě kysličníku a mnohé z nich i ke tvorbě nitridů. [3]

Rychlost koroze v plynném prostředí závisí na těchto činitelích:

- koeficient difuze plynu vrstvou kysličníku na povrchu kovu
- na tloušťce vrstvy kysličníku ve stanoveném okamžiku
- na teplotě, při které postupuje korozní děj [3]

Koroze v kapalinách probíhá dle stejných zákonů, jako koroze v plynném prostředí a to za nepřítomnosti korozních látek vyvolávajících elektrochemické reakce. Koroze v kapalinách probíhá za nižších teplot. Proto se vytvářejí korozní vrstvičky o malé síle, které způsobují zpomalení nebo zastavení další koroze v jejím počátku. Korozní prostředí

však může obsahovat látky, ve kterých se korozní vrstvy rozpouštějí, a agresivní prostředí má přístup k povrchu kovu. Celý proces probíhá do doby, než dojde k rovnováze mezi rozpouštěním vrstvy oxidů a vrstvou oxidů vznikajících na kovu. [3]

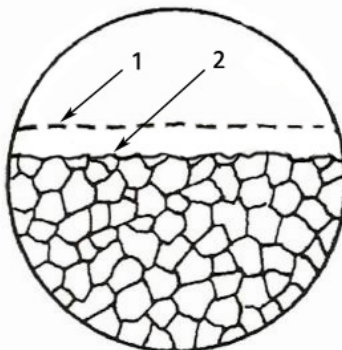
### 1.2.2 DRUHY KOROZNÍHO NAPADENÍ

Koroze může napadat celý objem kovu nebo slitiny a také může dojít k porušení jejich struktury. [4]

#### Rovnoměrná koroze

Koroze je charakterizována stejným rozpouštěním po celém povrchu, dovoluje vypočítat předpokládanou životnost zařízení a rozhodnout, zda použití zvoleného materiálu je ještě ekonomicky hospodárné. [4]

Rovnoměrně jsou napadeny kovy v případech, kdy nemají ochranné vlastnosti a je úplná korodovaná plocha pokryta korozními exhaláty. V případě, že vznikající zplodiny nemají ochranné vlastnosti a umožňují stejnou difúzi iontů po celém fázovém rozhraní nebo vznikají rozpustné korozní zplodiny. [5]



**Obrázek č. 1 - Rovnoměrná koroze**

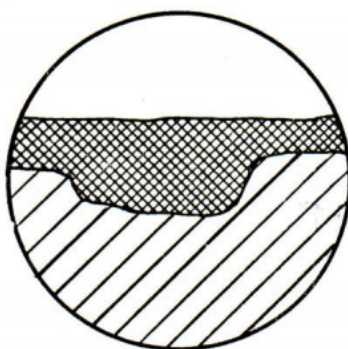
*1 – původní povrch, 2 – povrch po napadení [5]*

## Nerovnoměrná koroze

Koroze se vyskytuje na různých místech materiálu a proniká do odlišných šířek a hloubek. Některé části materiálu mohou zůstat zcela bez porušení nebo napadení korozí. [3]

Vesměs jde o riskantní druh koroze a to z důvodu možnosti zásadního ovlivnění mechanických vlastností součásti, při minimální změně vzhledu jejího povrchu. Nerovnoměrná koroze se dělí do charakteristických skupin: [6]

- důlková koroze
- bodová koroze
- podpovrchová koroze
- selektivní koroze
- mezikrystalová koroze
- transkrystalová koroze [6]

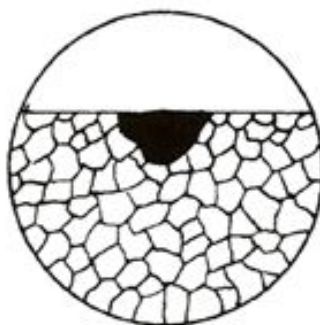


**Obrázek č. 2 - Nerovnoměrná koroze[6]**

### Důlková koroze

O důlkovou korozi se jedná tehdy, když se nerovnoměrné napadení povrchu kovu nebo slitiny projevuje relativně malým poměrem šířky k hloubce a tento poměr zůstává zachován i při následujícím průběhu koroze. Také velká část ocelových zařízení, chráněných nátěry je při poruše nátěru napadána důlkovou korozí. [3] [4]



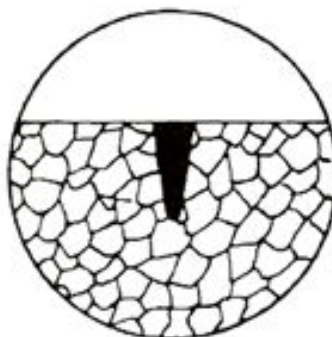


**Obrázek č. 3 - Důlková koroze [5]**

### **Bodová koroze**

Tato koroze je zvláště nebezpečná u materiálů odolných proti rovnoměrné korozi. Dochází k ní obzvláště v roztocích obsahujících chlor, brom, jod nebo jejich soli. Zejména se jedná o halogenidy těžkých kovů nebo chlornany. Ionty těchto halogenů pronikají ochrannou vrstvou oxidu na hliníku daleko snadněji než jiné ionty. U pasivních korozivzdorných ocelí mají stejný účinek. Na aktivovaných místech porušeného filmu nastane rychlá koroze, která postupuje do hloubky a záhy může vyvolat celkové proděravění i u poměrně tlustého plechu nebo trubky. [4]

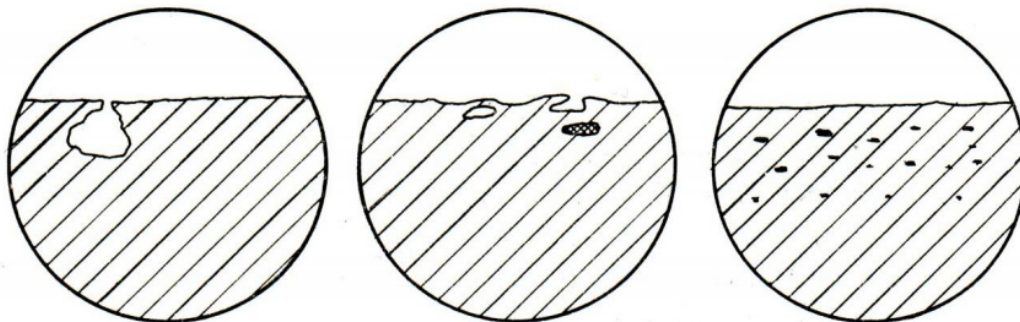
Body nukleují v místech vad materiálu vyúsťujících na povrch, nekovových vměstků nebo jiných nehomogenit povrchu, ke kterým migrují chloridové ionty. Velmi významnou charakteristikou pro napadení bodovou korozí je tzv. činitel bodové koroze. Tento činitel je vyjádřený poměrem hloubky nejhlubšího bodu k průměrnému koroznímu zeslabení vypočtenému z hmotnostního úbytku vzorku. [4]



**Obrázek č. 4 - Bodová koroze [5]**

## Podpovrchová koroze

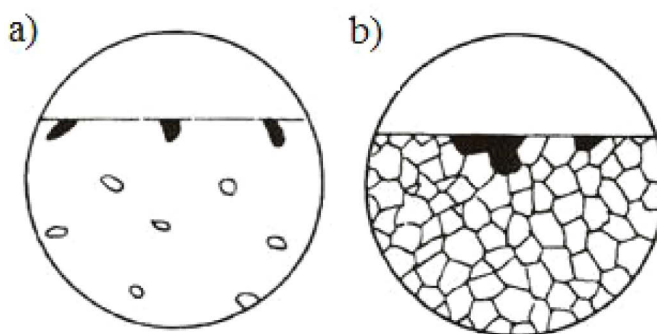
Koroze je popisována porušením vnitřku kovu, které je rozsáhlejší než porušení povrchu. [3]



*Obrázek č. 4 - Podpovrchová koroze [6]*

## Selektivní koroze

Selektivní koroze probíhá u slitin s dvou a vícefázovou strukturou a vyznačuje se napadením výhradně jedné fáze. Jestliže korodující fáze se ve struktuře vyskytuje v menším množství, rozvíjí se korozní napadení selektivní a jeho tvar podléhá tvaru a rozložení korodující fáze. Zpravidla se korodující fáze liší chemickým složením. Může dojít k napadení výhradně některých zrn jednofázové struktury nebo pásma tvořeného vměstky či precipitáty. [6]



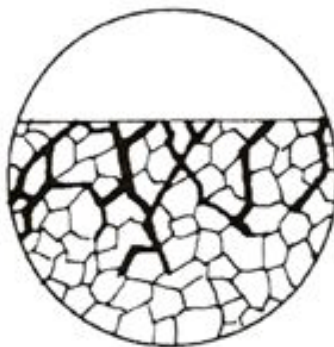
*Obrázek č. 5 - Schéma selektivní koroze;*

*a) napadena jedna fáze více fázové struktury, b) napadení jednotlivých zrn struktury[6]*

## Mezikrystalová koroze

Koroze probíhá za určitých podmínek přednostně mezi krystaly podél jejich rozhraní. Podléhá jí především slitiny, u kterých dochází při stárnutí, ohřevu při zpracování nebo tepelným ovlivněním k transformaci struktury na hranicích zrn. Koroze se také značí jako koroze nožová. Je typická především u korozivzdorné oceli, niklové slitiny, slitiny hliníku v závislosti na jejich chemickém složení, tepelném zpracování a struktuře. Správným tepelným zpracováním oceli lze zamezit vzniku mezikrystalové koroze. Lze ji také vzdorovat vhodným složením slitin, takže je pak můžeme svařovat, aniž by vzniklo nebezpečí výskytu koroze. Napřed se projevuje praskáním a po stanoveném čase rozpadem. [4] [5]

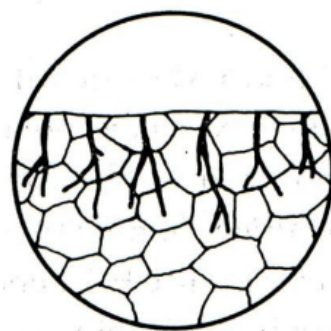
Od ostatních druhů koroze se liší tím, že nezasahuje mezikrystalové napadení celý povrch, ani libovolná místa povrchu slitiny. Především probíhá podél rozhraní zrn, protože ji podléhá jen úzká oblast zrn, která má vlivem strukturních změn podstatně zmenšenou odolnost proti korozi. Koroze může pronikat celým průřezem nebo do značné hloubky. Tímto je porušena soudržnost všech postižených zrn a slitina ztrácí houževnatost, pevnost, pozbývá kovového zvuku při úderu a v extrémních případech ji lze rozetřít na prášek. [4] [5]



*Obrázek č. 6 - Schéma mezikrystalové koroze[5]*

## Transkrystalická koroze

Koroze se projevuje trhlinami probíhajícími napříč krystaly do hloubky materiálu. Tento druh koroze se vyskytuje pouze ojediněle. Následkem je praskání, přičemž významnou složkou je pnutí. Okolí svaru je nejčastějším místem napadení. [3]



*Obrázek č. 6 - Schéma transkrystalické koroze[6]*

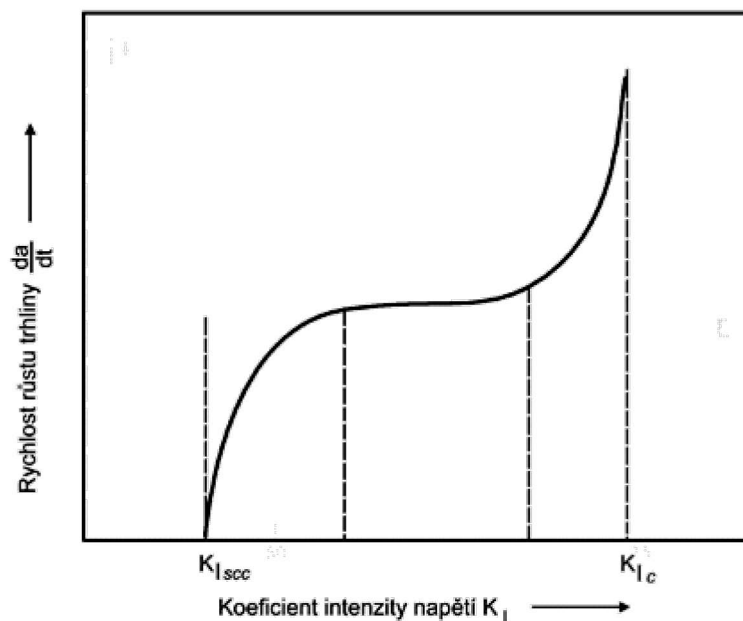
### 1.2.3 ROZDĚLENÍ KOROZE PODLE ROZHODUJÍCÍHO KOROZNÍHO Činitele

#### Koroze za napětí

Průběh koroze je ovlivněn faktorem mechanického napětí. Jedná se o kombinovaný vliv koroze a napětí na rychlost rozpouštění kovů a jejich slitin. Funguje jako celkové urychlení selektivní koroze pnutím. V kyselých roztocích je toto urychlení obvykle vyšší, naopak v roztocích neutrálních a v atmosféře je urychlení zanedbatelné. Jako příklad lze uvést korozi lanového drátu v důlní vodě, u kterého se prokázalo 25%ní zvýšení rychlosti koroze drátu při zatížení. [3]

#### Korozní praskání za napětí

Jde o tvoření trhlin v kovech za současného působení tahových napětí a agresivních prostředí. Vzniku trhlin při korozním praskání i únavě předchází produkce korozních důlků, z nichž se trhliny dále rozšiřují. Trhliny vytvořené v důsledku korozní únavy jsou transkrystalické. [3]



*Obrázek č. 7 - Závislost rychlosti růstu trhliny na koeficientu intenzity napětí při korozním praskání [7]*

**Citlivost na korozní praskání ovlivňují:**

**metalurgické faktory**

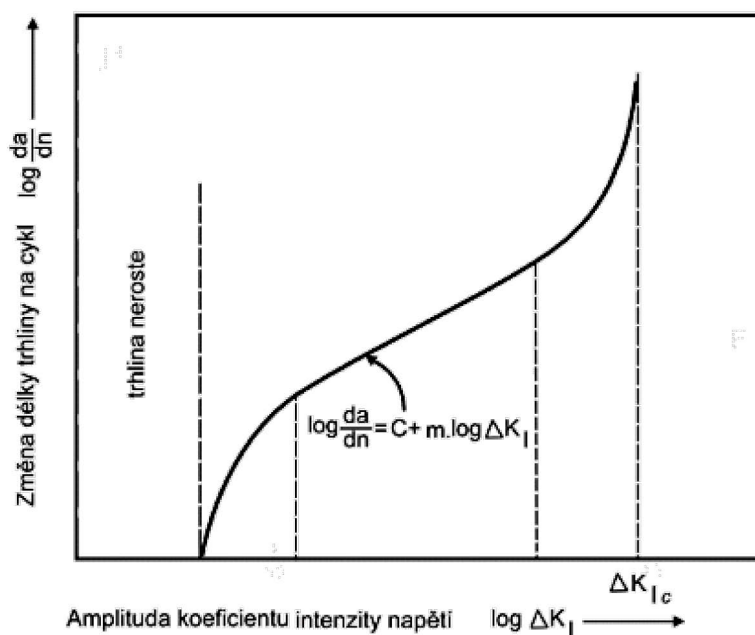
- výskyt heterogenity
- chemické složení kovu
- intenzita vnitřního napětí, stupeň deformace [5]

**elektrochemické faktory**

- hodnota elektrochemického potenciálu
- způsobilost kovu pasivovat se
- povaha korozního prostředí [5]

## Korozní únava

Mez únavy se snižuje tehdy, jestliže je materiál vystaven střídavému namáhání a současně koroznímu prostředí a to způsobuje, že dochází ke korozní únavě. Rozdíl mezi korozní únavou a korozním praskáním spočívá v tom, že při korozní únavě je materiál zatěžován střídavým napětím. Korozí se průřez součástí stále zmenšuje, a proto nelze uvažovat o mezi únavy. Se stoupajícím počtem cyklů únavová křivka stále klesá při klesajícím napětí, takže i pod mezi únavy dochází k lomu. [4]



**Obrázek č. 8** - Závislost růstu trhliny na amplitudě koeficientu intenzity napětí při korozní únavě [7]

Trhliny, které vznikají při korozní únavě, jsou především transkrystalové a mohou se dále větvit. Čím pomalejší jsou napěťové etapy, tím větší vliv může mít korozní prostředí na snížení trvanlivosti součástí. [4]

## Vibrační koroze

Vzniká na spojovacích plochách strojních součástí vystavených oboustrannému kmitavému periodickému pohybu o malé amplitudě při stanoveném měrném tlaku. Vliv zde má složka mechanického i chemického opotřebení, což je v podstatě děj korozní. Veliká intenzita vibrační koroze je dána dynamickým charakterem namáhání povrchu

při vysokém měrném tlaku. Typickým znakem je zadržování vzniklých oxidačních produktů mezi styčnými plochami a jejich červenohnědé zabarvení u ocelových součástí. Opotřebení se od vibrační koroze liší v relativně malé dráze pohybu a stálém vzájemném kontaktu třecích ploch, ke kterému dochází při jednosměrném tření. [3] [4]

Pohyb, který způsobuje toto mechanicko-korozní poškození povrchů, má mnoho různých původů. Jedná se například o přímočarý vratný pohyb, o pohyb způsobený přenesenými vibracemi nebo o pohyb vzniklý následkem pružných změn v uložení mechanicky namáhaných součástí. Opotřebení vzniklé vibračním působením se projevuje nejen u součástí s hybným uložením, ale i u součástí s uložením nehybným, jako jsou lisované spoje, dojde-li k jejich vzájemnému skluzu. Velmi často dochází k vibrační korozi ve stykových plochách nábojů kol a kroužků valivých ložisek, nalisovaných na hřídeli, tato koroze je způsobena vratným mikropohybem vzniklým průhybem rotujícího hřídele. Dále se koroze vyskytuje na šroubových, nýtových, čepových spojkách, zejména u leteckých konstrukcí. [3] [4]

Na vibrační opotřebení má velký vliv prostředí, v němž proces probíhá. Největší vliv ze složek atmosféry má kyslík a vodní pára. Vibrační opotřebení se zmenšuje při zvětšující se relativní vlhkosti, což je v rozporu s vlivem vlhkosti při atmosférické korozi. Tento proces lze vysvětlit působením vlhkosti na změnu součinitele tření na stykových plochách nebo kdysi vzniklých oxidech. [3] [4]

## **Kavitace**

Ke kavitaci dochází za určitých podmínek v prostředí proudící kapaliny. Vyskytuje se především na vrtulích míchadel, lodních šroubech apod. Důvodem je zanikání a vytváření plyných, případně makroskopických bublinek par v proudící kapalině. Bubliny vznikají při poklesu tlaku pod hodnotu tenze par kapaliny, naopak rychle kondenzují v místech vyrovnávání tlakových poměrů v kapalině. Tato reakce způsobuje vznik rázů v kapalině. V případě zániku bublin v blízkosti stěny na ni naráží kapalina v těchto místech velkou rychlostí a materiál je namáhán opakovanými rázy. Kavitačnímu opotřebení předchází inkubační doba. Ovlivňuje ji elektrochemická koroze, jejímž potlačením lze posunout začátek napadení. Po uplynutí inkubační doby dochází k intenzivní kavitaci. Opakující se mechanický ráz vzniklý při zániku bublin je určujícím činitelem tohoto napadení. [3] [4]



## 1.2.4 ROZDĚLENÍ KOROZE PODLE PROSTŘEDÍ

### Atmosférická koroze

Popisujeme ji jako znehodnocení materiálu, ke kterému dochází při působení atmosféry. Atmosférická koroze se vyvíjí stejně jako elektrochemická koroze. Proces probíhá na povrchu v tenké vrstvě elektrolytu. Na povrchu kovu dochází ke vzniku kapalné vrstvy již při nízké vlhkosti, adsorpci vodních par z ovzduší. Korozní děj neprobíhá, jestliže tenká vrstva neadsorbovaných molekul vody není schopna rozpouštět plynné nebo pevné složky nečistot z ovzduší. Okamžitě, když obsah vodních par v ovzduší přesáhne stanovenou hodnotu, vyvíjí se na povrchu kovů kondenzací vrstva vody, která má fyzikálně-chemické vlastnosti. Má schopnost rozpouštět běžné složky z atmosféry. Na povrchu se vytváří vrstva elektricky vodivého roztoku, která umožňuje vývoj korozních dějů. [3]

Produkty vzniklé na povrchu kovu jsou schopné adsorbovat dané množství vodních par z ovzduší. Za těchto předpokladů vzniká kondenzace již při nižších hodnotách relativní vlhkosti. [3]

Atmosférická koroze nám závisí na:

- stavu a složení povrchu
- obsahu vodních par v ovzduší
- charakteru nečistot v atmosféře [3]

Korozní rychlost stoupá následkem:

- vzrůstající relativní vlhkosti
- přítomnosti kondenzace
- stoupajícího znečištění atmosféry [8]

Účinek atmosféry na korozní odolnost kovů se charakterizuje tzv. stupněm agresivity atmosféry.

- C1 – velmi nízká
- C2 – nízká
- C3 – střední
- C4 – vysoká



- C5-I – velmi vysoká (průmyslová)
- C5-M – velmi vysoká (přímořská) [8]

Na postup atmosférické koroze má vliv také teplota, světlo, množství srážek, pohyb vzduchu. Vliv teploty není zcela jednoznačný, příznivý vliv má kolísání teplot. Při teplotě pod 0°C se atmosférická koroze zpomalí nebo takřka zastaví. Koroze je dále ovlivněna i uložením konstrukce. Jestliže je exponována ve vnějším prostředí, korozi způsobují parametry klimatu, jako sluneční záření, déšť, nečistoty ve formě plynu nebo aerosolů. [3]



*Obrázek č. 9 – Příklad atmosférické koroze [10]*

### **Koroze ve vodách**

V praxi se setkáváme s vodou, ve které jsou rozpuštěny chemické látky zásaditého i kyselého charakteru, které ovlivňují účinnost koroze. Jedná se o plyny, mechanické nečistoty, kaly, soli různých sloučenin, teplotu, proudění a jiné. Mezi nejběžnější druhy koroze patří jamková a nerovnoměrná koroze. [3]

Při jamkové korozi se uplatňují místní korozní články, vzniklé působením nerovnoměrnosti kyslíčkových vrstev na povrchu kovu, rozdílného provzdušení vody při hladině a v hloubce. Nerovnoměrná koroze vzniká ve vodách silně agresivních s vysokým obsahem kyslíku, zejména tehdy, jestliže je zajištěn jeho stálý přísun. V uzavřených soustavách, kde nedochází k přísunu O<sub>2</sub>, vzniká koroze do té doby, než dojde k jeho vyčerpání, pak dojde k zastavení koroze. Jestliže je přísun kyslíku stálý je průběh

korozí z počátku velmi rychlý, pak se zpomaluje a dochází k pasivaci. Když kov pasivuje nebo se na povrchu vyvářejí ochranné vrstvy, často pomocí látek rozpuštěných v kapalině, probíhá ve vodě korozí pomalu. Přítomnost chloridů zabraňuje tvoření pasivní vrstvy. Při vhodných podmínkách se na povrchu vytváří přílnavé vrstvy, které se skládají z korozních produktů železa a  $\text{CaCO}_3$ . [3]

Vody měkké jsou agresivnější než vody s vyšší tvrdostí. Příznivě ovlivňuje korozí z kationtů Ca. Dalším činitelem ovlivňující korozí je proudění, díky kterému se zvyšuje přísun kyslíku. Naopak v tvrdých vodách proudění odplavuje od povrchu nečistoty, které pak nemají čas rozrušovat ochranné vrstvy. [3]



**Obrázek č. 10** – Příklad korozí ve vodách u potrubí, které sloužilo k odvodu chladicích vod [9]

### Korozí v půdě

Půda se skládá z pevné, plynné a kapalně fáze. Plynná fáze je tvořena atmosférou, která v důsledku mikrobiální činnosti a obtížném přístupu kyslíku atmosféry se liší od složení ovzduší. Obsah kyslíku se pohybuje v rozmezí 10 – 20%, dusíku 78% a  $\text{CO}_2$  v rozhraní 1 - 10%. [3]

Kapalně fáze, která půdě dodává elektrickou vodivost, je vlastním korozním prostředím. Dutiny v půdě mezi tuhou fází jsou vyplněny vodou a vzduchem. Na zřetel se proto musí brát jejich obsah a vzájemný poměr. Při korozním působení půdy na kov se maximální agresivita pohybuje v oblasti 20 - 30% vlhkosti. Od druhů půdy, množství

srážek a teploty atmosféry se poté určuje poměr vody – vzduchu. Na průběh koroze v půdě má velký vliv zrnitost půdy. [3]

I když se sypké půdy při střídavém zvlhčování a vysušování nemění, přívod kyslíku a průběh koroze je stejnoměrný. Jílovité půdy se procesem vysychání smršťují a praskají. Důležitou roli pro vznik koroze v půdě nesou přítomné bakterie. Sírné bakterie spolu s přítomným železem vytváří křehké sirníky. Oxidační bakterie oxidují síru na kyselinu sírovou, což způsobuje zvýšení agresivity půdy. [3]

Významným aspektem pro vznik koroze u ocelí a litin v půdě není chemické složení, ale provzdušnění půdy. Jestliže je v půdách vyšší obsah sloučenin síry, chloridů a  $\text{CO}_2$  způsobuje sníženou obranu oceli a litin proti korozi. [3]



*Obrázek č. 11 – Vada izolace plynovodu po expozici v půdních podmínkách [11]*

### 1.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KOROZI

Koroze závisí na mnoha faktorech, které ovlivňují její průběh. Tyto faktory dělíme na:

- vnější faktory
  - chemické složení
  - přítomnost rozpuštěných látek
  - pohyb elektrolytu k povrchu kovu
  - teplota



- tlak
- vnitřní faktory
  - struktura kovu a chemická povaha
  - vnitřní napětí
  - deformace
  - stav povrchu
  - korozní únava[3]

### 1.3.1 VNĚJŠÍ FAKTORY

Kyselost prostředí působí na potenciál depolarizačních procesů, rychlost rozpouštění korozních zplodin a způsobilost tvorby ochranné vrstvy na povrchu materiálu. Na kovy termodynamicky stálé v zásaditých i kyselých okolích nemá pH vliv. [2]

Na korozi má velký vliv chemická povaha elektrolytu, zejména koncentrace vodíkových iontů. Látky, které zvyšují korozní rychlost, se nazývají aktivátory. Naopak látky, které zmenšují korozní rychlost, se nazývají inhibitory. Kyslík funguje jako aktivátor i jako inhibitor. Kyslík je aktivátor do té doby, pokud působí jako silný depolarizátor, který zvyšuje rychlost korozního postupu urychlením katodového pochodu. Inhibitorem se stává tehdy, jestliže zlepšuje stav ochranné vrstvy. [3]

Rychlost koroze vzrůstá s teplotou a to exponenciální závislostí. Druhá závislost souvisí s kyslíkovou depolarizací. Rozpustnost kyslíku se zmenšuje zvýšením teploty a proto dochází ke snižování intenzity katodického depolarizačního pochodu. [3]

Použití ultrazvuku zvyšuje rychlost koroze s vodíkovou depolarizací odstraňováním produktů koroze z povrchu daného materiálu, zamezuje tvorbě pasivní vrstvy desorpcí kyslíku a disperzí ochranných vrstev. Naopak se může při kyslíkové depolarizaci odkysličováním roztoku rychlost koroze zmenšit. [2]

Kov a prostředí může ovlivnit radioaktivní záření. Dochází ke snižování plastičnosti kovu, zrychlují se pochody difúze a iniciace fázových přeměn. [2]

### 1.3.2 VNITŘNÍ FAKTORY

Přestože umístění kovu v periodické soustavě prvků neurčuje jeho odolnost proti korozi, lze všeobecně prohlásit, že odolnost kovů vůči korozi závisí na jejich



reaktivitě. U heterogenních slitin jsou procesy koroze mnohem složitější, protože slitiny jsou méně stálé, ačkoli i zde existují výjimky. Na průběh koroze má vliv velikost zrn, proto leštění zvyšuje odolnost vůči ní. [3] [2]

Rychlost koroze je zvětšována vnitřním pnutím v kovech v důsledku mechanického namáhání. Naopak snižování rychlosti koroze na normální hodnotu nastává po vyžhání deformovaného materiálu. [3]

Tvorba místních článků vlivem plastické deformace mezi ferritem a nečistotami podporuje vzrůst koroze. Vodík, který vstupuje do oceli, způsobuje praskání vodíkem. Mechanismus vodíkového praskání vzniká vývojem vnitřního tlaku za hypotézy, že intersticiální atomový vodík se mění na molekulární ve vakantních místech nebo jiných vhodných polohách za extrémního tlaku. Ocel praská za několik dní po působení napětí při vzniku malých koncentracích vodíku. Jestliže oceli obsahují intersticiální vodík, ne vždy dochází k praskání, trhliny jsou především transkrystalické v martenzitu. [3]

Koroze parních kotlů, jinak řečeno kaustická křehkost je vysvětlována:

- může vzniknout důlková koroze, jestliže je ve vodě obsaženo mnoho kyslíku
- kyselá voda vyvolává místní ztenčení stěn kotle málo lokalizovaným rozrušováním
- přehřátí vedoucí k místní deformaci vzniklé vnitřní vrstvou síranu vápenatého nebo křemičitanu
- kaustickými alkáliemi ve vodě dochází ke tvorbě lomu, kaustická křehkost se objevuje u vysokotlakých kotlů
- vlhká pára způsobuje korozi vnější strany kotle
- vnější koroze ekonomizerů je způsobena kondenzací vlhkosti ze spálených produktů [3]

Pro chod kotlů je potřebná úprava vody. Kyseliny se neutralizují, kyslík se odstraňuje siřičitanem sodným nebo taninem. Dochází i ke změkčování vody, aby se odstranilo usazování solí na stěnách a tím přehřátí. Změkčování se realizuje vápnem, uhličitanem sodným a hydroxidem sodným. [3]

Jednotlivé části strojů, které jsou namáhány únavou, rychleji korodují. Korozní únavě se dá zamezit mnoha metodami:

- chromniklové ocele jsou odolnější proti korozní únavě

- sklon ke korozní únavě se snižuje přísadou chromanu do vody
- odstraněním tahových pnutí s povrchu kovu
- odstraněním proměnných napětí
- nitridováním oceli
- aplikací ochranných vrstev mazadla nebo anodických zinkových povlaků [3]

### **1.3.3 STAV MATERIÁLU, STAV KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ, VLIVY SPOJENÉ S KONSTRUKCÍ VÝROBKU**

Mezi další vlivy, které působí při vzniku koroze, patří:

- vlivy dané stavem materiálu
- vlivy dané stavem korozního prostředí
- vlivy spojené s konstrukcí výrobku či zařízení

#### **Stav materiálu**

Informace o korozní odolnosti materiálu se týká především kovu či slitiny, jež odpovídá svým chemickým složením příslušné normě nebo technickým podmínkám. Normativní údaje nepopisují všechny vlastnosti materiálu, které rozhodují o výsledné korozní odolnosti. Důležitým a rozhodujícím aspektem je obsah nečistot, struktura materiálu a stav povrchu. [4]

Nečistoty kovového materiálu se vyskytují ve dvou formách. Za nečistoty považujeme všechny složky, které sice nejsou záměrnými legujícími přísadami k základnímu kovu, ale které nelze při výrobě materiálu odstranit a materiálová norma s nimi proto ve stanovených koncentracích počítá. Druhým typem nečistot jsou látky, které vnikají do povrchových vrstev kovového materiálu, až při jeho použití nebo zpracování. Jedná se o povrchové vměstky, zaválcované okraje, méně ušlechtilé kovy, které se elektrochemicky vyloučí na povrchu z korozního prostředí. [4]

Nečistoty mohou urychlit korozní pochod. Projevují se již v počátcích korozního procesu, kdy jsou schopny ovlivnit vznik celkové koroze nebo její charakter. Další průběh koroze je ovlivňován již vzniklou vrstvou korozních produktů či vlastnostmi zbývajících částí materiálu. Jestliže však dojde k prostupu nečistot celým materiálem, jejich vliv se neomezuje na prvotní fázi korozního procesu, ale mohou zrychlit celkové znehodnocení



materiálu. Každý materiál je na korozní vliv nečistot jinak citlivý. Z hlediska požadavků na následující povrchové úpravy mohou nečistoty v materiálu být škodlivé a nežádoucí. [4]

Další významnou vlastností pro korozi je struktura kovového materiálu. Pro reakci kovu s prostředím má význam orientace jednotlivých krystalů kovů, energetické poměry v krystalové mřížce. Charakter, složení a počet fází u některých slitin vychází z tepelného zpracování a z vyváženosti přítomných prvků včetně nečistot. [4]

Proces koroze je kromě čistoty ovlivňován také drsností povrchu. Drsnější povrchy rychleji a snáze reagují s prostředím než povrchy hladké. Důvodem je, že drsný povrch má větší aktivní plochu. Vlastností hladkého povrchu počátek působení koroze jenom oddalují. [4]

### **Stav korozního prostředí**

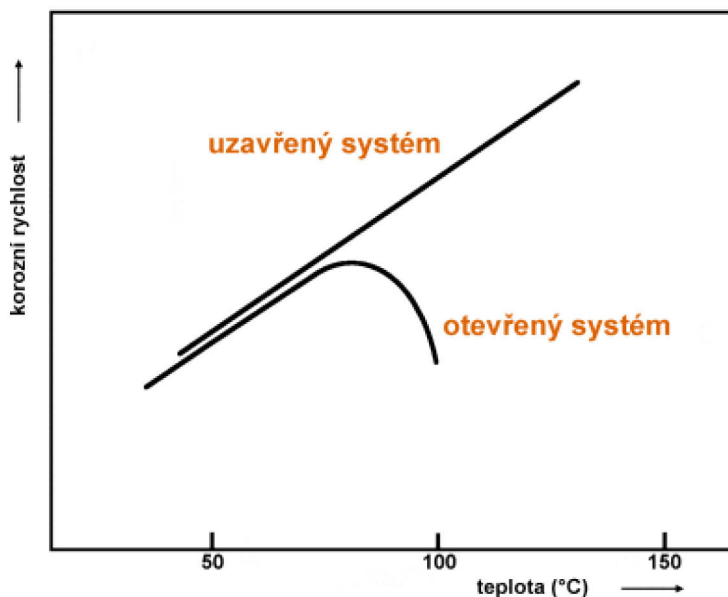
Korozní prostředí působí nejen svým chemickým složením, ale i teplotou, tlakem a relativním pohybem v souvislosti k povrchu kovového materiálu. K urychlení korozní reakce dochází při zvyšování teploty prostředí. Zvyšování teploty má nepříznivý vliv hlavně u procesů s vodíkovou depolarizací a při korozi v plynech. [4]

U procesů závislých na průběhu kyslíkové depolarizace však může mít zvýšení teploty elektrolytu zcela odlišný důsledek, protože se vzrůstající teplotou klesá v elektrolytech rozpustnost kyslíku. Je-li kyslík jediným depolarizátorem, dochází ke snižování jeho obsahu v elektrolytu a to vede k poklesu koroze. V otevřených systémech, kde může kyslík při zvyšování teploty unikat do vzduchu, prochází tato závislost maximem, naopak v uzavřených systémech při konstantním obsahu kyslíku ve vodě koroze stoupá. [4]

Charakter korozních produktů nebo elektrochemické poměry na rozhraní kov – prostředí může ovlivnit teplota prostředí. Urychlující účinek teploty na korozní rychlost celkově převládá, nelze však vycházet jen z obecných závislostí rychlosti chemických reakcí na teplotě, ale je potřeba posoudit vždy komplexně i další možné účinky zvýšené teploty, které mohou převládnout a vést dokonce ke snížení koroze. [4]

Neobvyklým případem vlivu teploty je koroze na povrchu materiálu, kde dochází k přestupu tepla mezi elektrolytem a kovem. Tlak kapalného korozního prostředí se může ukázat svým mechanickým účinkem a ve spojení s korozním výsledkem prostředí může urychlit především některé formy strukturního napadení kovu. Pohyb korozního prostředí

je důležitým aspektem, který se při korozi uplatňuje. Obdobně jako u vlivu teploty platí, že vzrůstající pohyb korozního prostředí častěji vytváří podmínky pro zvýšení koroze. [4]



**Obrázek č. 12** - Schematické znázornění vlivu teploty na korozní rychlost železa v provzdušněné vodě [12]

### Konstrukce výrobku

Z elektrochemické teorie koroze plyne, že každé přímé elektricky vodivé spojení dvou kovů, potopených společně do elektrolytu, tvoří potenciální korozní článek, v němž bude urychlována koroze kovu elektrochemicky méně ušlechtilého. Riskantní může být také kontakt kovu s nekovovým materiálem, především je-li materiál navlhlý. Korozní napadení kovu v místě kontaktu je vyšší, než by odpovídalo prostému účinku elektrolytu, s nímž je zařízení ve styku. Mezi okolnosti, které zvyšují rozdíl mezi skutečným rozsahem napadení od údajů o agresivitě prostředí, patří štěrbiny, místní rozdíly v rychlosti proudění nebo teplotě média, podmínky pro tvorbu usazenin a hromadění agresivního elektrolytu apod. [4]



## 1.4 OCHRANA PROTI KOROZI

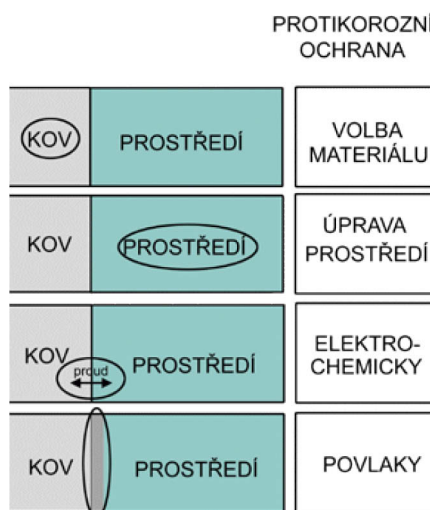
Koroze materiálů má špatný vliv na vývoj i důsledek činnosti strojů a zařízení z nich vyrobených. Protikorozní ochrana se používá k omezení koroze materiálu, což vede k tomu, že funkce předmětu není po požadovanou dobu zhoršována působením korozního prostředí. Určení vhodných opatření, spadá do kompetence pracovníků, kteří navrhují způsob protikorozní ochrany. Návrh vyplývá z poznání příčin koroze, ze studia vlivů jednotlivých korozních faktorů, z průběhu koroze a ze znalostí vlastností protikorozní ochrany. [1]

S vývojem techniky rostou nároky na funkčnost předmětů, zařízení a na jejich podmínky, jimž jsou aplikované materiály vystaveny. Tyto nároky jsou stále náročnější. Výzkum, vývoj a výroba nových způsobů ochrany jde neustále kupředu. [1]

Ochrana materiálu proti korozi umožňuje zabránit korozi, případně ji zpomalit na přijatelnou míru, aby se zvýšila životnost výrobků. Povrchová ochrana zajišťuje kovovému materiálu kvalitativně nové vlastnosti, rozdílné od vlastností základního materiálu. [3]

Způsoby povrchové ochrany dělíme následovně:

- Úprava korozního prostředí odstraněním složek způsobujících korozi
- Elektrochemická ochrana kovového materiálu
- Volba vhodného konstrukčního materiálu
- Tvorba chemických kovových nebo nekovových ochranných povlaků [3]



**Obrázek č. 13 - Základní postupy protikorozní ochrany kovů [13]**

### 1.4.1 ÚPRAVA KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ

#### Úprava korozního prostředí odstraněním složky způsobující korozi

Rychlost koroze kovových materiálů snižujeme odstraněním nebo snížením koncentrace agresivních složek korozního prostředí.

Především se jedná o:

- využitím vysoušedel ve spojení s hermetickým balením
- vyhříváním s cílem snížení relativní vlhkosti pod kritickou mez
- použitím komplexních sloučenin chlorofylinu s Cu a Na, které na sebe vážou plynné sloučeniny síry
- odstraněním  $O_2$ , respektive  $CO_2$  z vody u parních zařízení [3]

#### Úprava korozního prostředí inhibitory koroze

Látky, které chrání povrch kovu v daném agresivním prostředí před korozí, se nazývají inhibitory. Fungují na principu změny vlastností fázového rozhraní kov – prostředí. Korozní průběh je kineticky řízený dílčí reakcí s nejpomalejším průběhem, proto inhibitory zpomalují kinetiku některé z dílčích reakcí tak, aby byl zpomalen celkový průběh korozního procesu. [3]

Rychlost korozního procesu je zmenšována účinkem toho, že reakcí kovu a inhibitoru při spolupůsobení korozního okolí se vytvářejí v zóně rozhraní fází kov – prostředí filmy nebo tenké vrstvy prvků nebo sloučenin. Tyto zplodiny mají v závislosti na svém chemickém složení a fyzikálních vlastnostech vliv na rychlost koroze kovů. [3]

Rozdělení inhibitorů:

- fyzikální inhibitory
- chemické inhibitory

Fyzikální inhibitory působí fyzikální adsorpcí, kdy částice inhibitoru jsou vázané k povrchu materiálu silami podobným Van der Walsovým silám, tyto vazby nejsou silné, ale mohou vytvořit jednu i několik vrstev adsorbovaných molekul, což způsobuje:

- nižší rychlost anodického rozpouštění kovů
- omezení působení depolarizátoru
- snížení rychlosti vnikání složek korozního prostředí k povrchu materiálu



- úprava vlastností elektrické dvojvrstvy [3]

Některé organické látky, které jsou molekulárně nebo iontově rozpustné v korozním prostředí patří k adsorpčním inhibitorům. Dále také koloidní hydroxidy některých kovů, anorganické aniony, vodík, alkaloidy, aromatické aminy a nedisociovatelné organické sloučeniny. [3]

Chemické inhibitory produkují ochrannou vrstvu na povrchu kovu:

- oxidací kovu
- reakcí inhibitoru s kovem nebo se zplodinami koroze
- zvednutím alkality prostředí na fázovém rozhraní kov – prostředí [3]

Chemické inhibitory rozdělujeme na:

- chemisorbční
- elektrochemické
- pasivační
- tvořící povlaky
- destimulátory [3]

Chemisorbční inhibitory vytváří přechodný typ, kdy jejich vazba s kovem nemá pouze povahu reverzibilní adsorpce. Je pevnější a za stanovených podmínek může vytvářet přechodně stálou sloučeninu spojenou s mřížkovou stavbou kovu. Mezi pasivační inhibitory patří sloučeniny s oxidačními vlastnostmi, schopné pasivovat povrch kovu. Podmínkou inhibice zde je:

- roztok látek v korozním prostředí má vyšší redox – potenciál než je potenciál pasivního kovu v tomto prostředí
- prostředí by mělo být schopné vytvářet svojí redukcí korozní proud, potřebný k dosažení pasivního stavu [3]

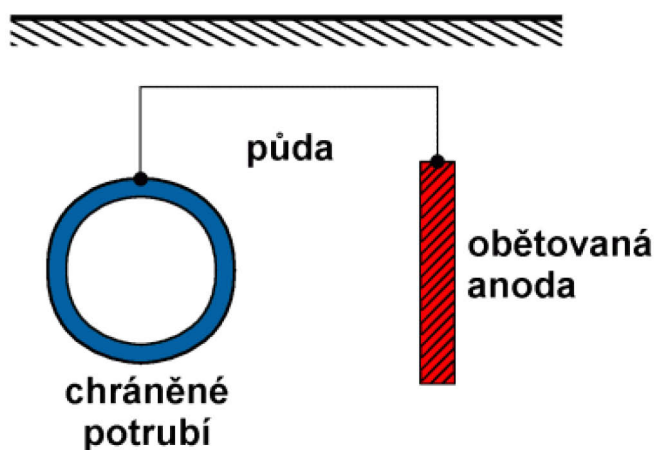
#### **1.4.2 ELEKTROCHEMICKÁ OCHRANA KOVOVÉHO MATERIÁLU**

Pro vznik elektrochemické koroze je předpoklad vytvoření korozního článku, přičemž dochází k anodickému rozpouštění, kdežto katoda se nerozpouští a je do určité výše funkcí článku před korozí chráněna. Tohoto procesu se využívá při elektrické ochraně, kde se uměle produkují makročlánky. [3]

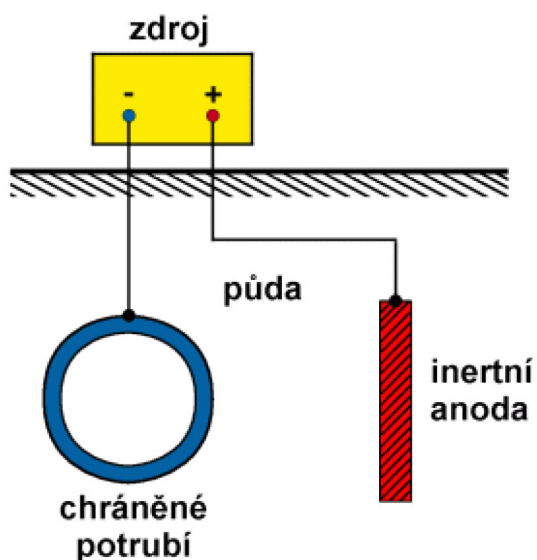
## Katodická ochrana kovů

Použití katodické ochrany je možná:

- vnějším zdrojem proudu
- obětovanými anodami



**Obrázek č. 14** - Schéma systému zapojení katodické ochrany obětovanou anodou [14]



**Obrázek č. 15** - Schéma systému katodické ochrany vnějším zdrojem proudu [14]

U aplikace vnějším zdrojem proudu je chráněný kov připojen na záporný pól stejnosměrného zdroje proudu a kladný pól je připojen k soustavě pomocných anod.

Zatímco u principu obětovanými anodami jsou ochranné anody z kovu s dostatečně zápornějším potenciálem, než má chráněný kov. Obětované anody jsou připojeny vodivě přímo na chráněný povrch nebo jsou umístěny v jeho blízkosti a spojují se izolovanými vodiči. [3]

Oblast použití katodické ochrany se zabývá především ochranou úložných potrubí, ropovodu, plynovodu a úložných kabelů. Druhá aplikace využití se věnuje katodické ochraně zařízení vystavené korozi mořskou vodou. Při ochraně úložných potrubí a stacionárních zařízení se využívá ochrana vnějším zdrojem proudu. [3]

### **Anodická ochrana kovů**

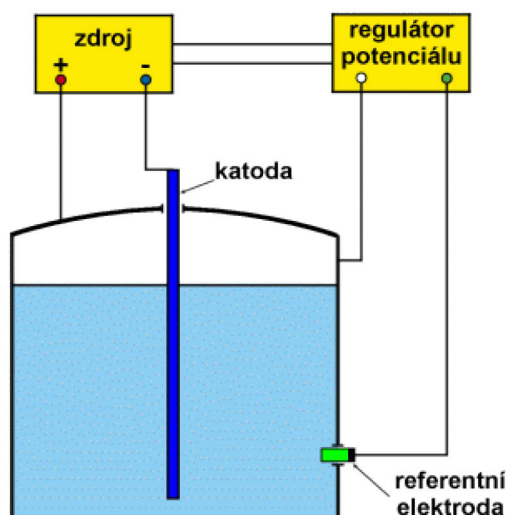
Anodická ochrana musí udržovat potenciál chráněného kovu v rozmezí odpovídajícímu potenciálové oblasti pasivity kovu. Oblast je rozdělena na anodické polarizační křivce pasivačním potenciálem  $E_p$  a transpasivačním potenciálem  $E_t$ . U některých kovů není tak výrazný, protože dochází k vytváření elektricky izolační vrstvy. [3]

Posun potenciálu do zóny pasivity se dosahuje využitím vnějšího zdroje elektrického proudu. Chráněný kov je zapojen jako anoda na kladný pól zdroje. Bezpečnost ochrany anodickou polarizací požaduje, aby byl zdroj schopen při náhodné aktivaci přesunout hlídáný systém zpět do pasivního stavu, což si žádá vyšší proudovou hustotu, než je kritická pasivační hustota proudu v daném prostředí. Jako zdroj se používá potenciostatické zařízení, které udržuje potenciál na určené experimentální hodnotě. [3]

Střežený předmět musí splňovat následující požadavky:

- kontinuálně fungující zařízení, které není potřeba opakovaně pasivovat
- na připojených mechanismech nesmí docházet k interferenci
- na zařízení by neměly být stíněná místa, které nelze zapasivovat proudem [14]

Anodická ochrana se používá při prevenci nerezavějících ocelí v roztocích kyselin nebo louhů, kdy se vytváří jejich samovolná koroze v aktivním stavu. Přítomnost halogenních iontů snižuje účinnost anodické ochrany.



**Obrázek č. 16 - Schéma systému anodické ochrany [14]**

### **Srovnání anodické a katodické ochrany**

Obě elektrochemické ochrany se vzájemně doplňují. Katodická ochrana je vhodná pro všechny kovy v prostředí s určitou elektrolytickou vodivostí, je používána většinou pro uhlíkovou ocel v málo agresivních elektrolytech. Provozní náklady jsou velké, zatímco pořizovací náklady jsou malé. Hloubková účinnost je k malé vodivosti okolí a vyšším ochranným proudům poměrně malá. Anodická ochrana se používá pro kovy, které vykazují přechod aktivní-pasivní při změně potenciálu, domáhá se vyšší vodivosti prostředí, které je zpravidla velmi agresivní. Provozní náklady jsou nižší, oproti pořizovacím nákladům a hloubková účinnost je vysoká. [14]

#### **1.4.3 VOLBA VHODNÉHO KONSTRUKČNÍHO MATERIÁLU**

V této době je pro konstrukci strojů a zařízení k dispozici velká řada různých konstrukčních materiálů. Tyto materiály se od sebe liší fyzikálními, mechanickými i korozními vlastnostmi. Důležitým a rozhodujícím parametrem pro správnou volbu materiálu je dobrá znalost jeho chování za různých podmínek. [1]

Volba vhodného konstrukčního materiálu je ovlivněna těmito vlivy:

- nejvyšší teplotou, při které je materiál používán
- složení prostředí a zhuštění agresivních látek
- intervaly působení vlivu okolního prostředí

- mechanickými účinky prostředí
- typem spojování vodivých odolných materiálů
- pnutím uvnitř daného materiálu
- namáháním
- chvěním
- nárazy [3]

Uhlíkové oceli jsou nejrozšířenější a z hlediska koroze se netřídí. V atmosféře, půdě, ve vodách korodují uhlíkové oceli v rozmezí několika desetin milimetrů za rok. Koroze probíhá rychleji v neutrálních roztocích solí v důsledku elektrochemického působení. V alkalickém prostředí jsou uhlíkové oceli stálé. Ochranná vrstva koroze je tvořena nerozpustnými hydroxidy, které se při vyšší koncentraci rozpouštějí. Velmi rychle rozpouštění uhlíkových ocelí probíhá v kyselinách. Výjimkou je však koncentrovaná kyselina sírová a dusičná. Při styku s těmito kyselinami dochází k přechodu oceli do pasivního stavu. [3]

Oceli nízkolegované mají korozní úbytky o 50% nižší než oceli uhlíkové a to ve středně znečištěné atmosféře. Vytváří se zde ochranná vrstva, která má dobrou přilnavost a dostatečně chrání ocel před korozi. Tento druh oceli se v současné době používá pro výrobu ocelových konstrukcí, vystavených atmosférickým podmínkám a především při výstavbě mostních konstrukcí. Jejich základní předností je vynikající ochranná vlastnost kyslíčnickové vrstvy. Z tohoto důvodu nevyžaduje další povrchovou úpravu a tím odpadají náklady na údržbu. [3]

Korozivzdorné oceli jsou charakteristické vysokým obsahem chromu, který umožňuje vznik pasivního stavu těchto ocelí. Pasivitu lze popsat se zřetelem na mechanismus elektrochemické koroze a požadovanou elektroneutralitu korodujícího kovu jako stav korozní odolnosti kovů v prostředí, ve kterém tyto kovy z hlediska termodynamiky byly málo odolné. Korozivzdorné oceli jsou velmi odolné ve vodních roztocích, jejichž oxidačně-redukční potenciál se nachází v oblasti pasivity. Teplá kyselina sírová a kyselina chlorovodíková mají redukční schopnost aktivovat povrch těchto ocelí. [3]

Chromové oceli s 12 – 16% Cr mají buď malý obsah uhlíku do 0,2% a jsou feritické nebo velký obsah uhlíku a jsou martenzitické. Tyto oceli nacházejí uplatnění převážně v potravinářském průmyslu. [3]

Austenitické oceli se na rozdíl od chromových ocelí používají i v aktivním stavu. Základními legujícími prvky jsou chrom a nikl a přidavkem molybdenu a mědi je zvyšována korozní odolnost. Nevýhodou těchto ocelí je náchylnost k mezikrystalové korozi. Korozní odolnost je velmi vysoká v přírodních podmínkách jako v atmosféře, vodě a půdě. Nicméně při působení mořské vody a za přítomnosti kyslíku dochází ke vzniku bodové korozi. Austenitické oceli jsou odolné v kyselinách a v pasivním stavu je koroze většinou zanedbatelná. V aktivním stavu je náchylnost ke korozi vyšší. [3]

Korozní odolnost šedé litiny je vyšší než odolnost uhlíkových ocelí. Zásahu nese lící kůra, která má ochranné vlastnosti, vyšší obsah uhlíku a větší tloušťky stěn odlitků. Chromové litiny jsou velmi odolné proti účinkům oxidační kyseliny dusičné nebo jejímu prostředí. Jsou používány pro výrobu míchadel, čerpadel a armatur, protože jsou velmi odolné proti mechanickému opotřebení. Křemíkové litiny jsou odolné v kyselině sírové a dusičné avšak velmi nevhodné pro alkalické prostředí. [3]

Jako vhodný konstrukční materiál pro svoji dobrou korozní odolnost v některých prostředích se používá měď. Dále je snadno zpracovatelná a má dobrou tepelnou a elektrickou vodivost. Základní problém je nežádoucí nečistota v mědi, jedná se o kyslík ve formě kysličníku, případně síra v sirnících. Velmi stálá je měď v atmosférických podmínkách. Ochranná vrstva se skládá ze síranů, uhličitánů, chloridů a sirníků. Měď je velmi napadána v kyselých prostředích, zejména oxidačních. [3]

#### **1.4.4 POVRCHOVÉ ÚPRAVY KOVŮ**

Povrchové úpravy se používají pro zlepšení vlastností stavu povrchu. Povrchovými úpravami chápeme:

- umělé vytváření povrchových vrstev, které mají odlišné chemické složení a fyzikální vlastnosti než základní materiál
- úprava mikrogeometrie povrchu [3]





#### **1.4.4.1 Rozdělení povrchových úprav materiálu**

##### **Dle účelu povrchové úpravy:**

- předběžné úpravy a čištění
- ochrana proti korozi
- získání požadovaného vzhledu výrobku
- ochrana proti zadíráání a opotřebení
- dosažení požadovaných vlastností povrchu [3]

##### **Dle úpravy povrchu a mikrogeometrie povrchu:**

###### **1. Mechanické úpravy povrchu:**

- otryskávání
- omílání
- broušení
- leštění
- kartáčování
- povrchové zpevnění [3]

###### **2. Chemické a elektrochemické úpravy povrchu:**

- odmašťování
- moření
- leštění
- leptání [3]

##### **Uměle vytvořené povrchové vrstvy se rozdělují:**

###### **1. anorganické**

###### **1.1 kovově vytvořené:**

- chemickým a bezproudovým pokovováním
- elektrolytickým vylučováním
- pokovováním v roztavených kovech
- difuzním pokovováním
- pokovováním ve vakuu



- žárovým stříkáním
- plátováním [3]

#### 1.2 kovokeramické a keramicky vytvořené:

- oxidací v roztoku
- oxidací za vysokých teplot
- chromatováním
- fosfátováním
- sulfonizací
- nitridací
- žárovým stříkáním
- keramickým smaltováním [3]

## 2. organické

#### 2.1 povlaky nátěrových hmot

#### 2.2 povlaky z plastických hmot vytvořené:

- žárovým stříkáním
- vířivým nanášením
- plátováním, nalepováním folie
- nanášením plastisolu [3]

#### 2.3 povlaky pro dočasnou ochranu

- konzervační prostředky na bázi ropy
- snímací laky
- inhibitory koroze
- přirozené a umělé vosky [3]

## 1.5 KOROZNÍ ZKOUŠKY

Korozní zkoušky slouží pro zjišťování odolnosti daného materiálu a povrchových ochran proti korozi za daných podmínek. [3]

Podle způsobu provádění dané zkoušky je dělíme na:

- laboratorní zkoušky



- terénní zkoušky [3]

Další rozdělení zkoušek na kvantitativní a kvalitativní:

Rozdělení laboratorních zkoušek:

- zkoušky napodobující
- zkoušky urychlené
- nepřímé zkoušky
- cyklické zkoušky [3]

Rozdělení terénních zkoušek:

- zkoušky v atmosféře
- zkoušky v přírodních vodách
- zkoušky v půdách [3]

### **Všeobecné zásady a technika korozních zkoušek**

Při zkušebním pochodu by se měly kvantitativně i kvalitativně zachytit všechny okolnosti, které ovlivňují průběh korozního pochodu. [3]

### **Příprava a úprava vzorku**

Zkušební vzorek musí popisovat všechny důležité vlastnosti materiálu, které mohou mít vliv na jeho korozní chování. Rozměr a tvar vzorků se volí dle druhu použité zkoušky a postupu jejího vyhodnocování. Při vyhodnocování mechanických vlastností se používají zkušební tyče. [3]

Plechové destičky o následujících rozměrech a tvarech jsou používány pro zkoušky kovových materiálů:

- pro laboratorní zkoušky se používají plechy o rozměru 80x30 mm, a tloušťce maximálně 2 mm bez povrchových úprav, 150x100 mm s povrchovou úpravou a 160x65 mm pro hodnocení vzhledových vlastností
- pro atmosférické zkoušky a zkoušky v přírodních vodách se používají plechy o rozměru 150x100 mm [3]

Vzorky musí být před zkouškou označeny. Způsob označení se zapisuje do záznamu o zkoušce. Vzorek je opatřen otvory pro zavěšení podle typu konstrukce přístroje. Exemplář se před zkouškou očistí mechanickým způsobem, ponořením do organického rozpouštědla. [3]

Upevnění vzorků musí odpovídat předem stanoveným požadavkům:

- kontrolovaný povrch smí být ve styku pouze se zkoušeným prostředím s výjimkou bodů dotýkajících se upevňovacích přípravků
- vzorek musí být upevněn tak, aby po celou dobu zkoušení byl trvale vystaven přesně stanoveným podmínkám
- přípravky používané pro upevnění vzorku a štítky, musí být vyrobeny z materiálu odolnému proti korozi v daném prostředí [3]

Nerezové oceli z důvodu náchylnosti ke sklonu k pasivaci se musí před zkouškou depasivovat. Nejčastěji se depasivace provádí pomocí katodické depolarizace a musí se provádět v roztoku, ve kterém se bude provádět zkouška. [3]

### **Volba zkušebního korozního prostředí**

Korozní prostředí musí v laboratorních podmínkách splňovat stanovené podmínky, jimž bude zkoušený kov vystaven. V průběhu jednotlivých zkoušek je nutno kontrolovat korozní prostředí, přičemž se sleduje:

- chemické složení prostředí
- fyzikální podmínky prostředí
- relativní rychlost pohybu prostředí
- mechanické namáhání [3]

### **Stanovení doby trvání korozní zkoušky**

Během zkoušky se zapisuje časový průběh koroze. Zkouška je ukončena tehdy, jestliže časové období, v němž jsou diferenciální rychlosti konstantní je delší, než počáteční období, ve kterém se koroze měnila. [3]

### **Činidla na odstranění korozních zplodin**

Pro správné dokončení zkoušky dochází k odstranění korozních zplodin. Činidla jsou určena druhem zkoušeného materiálu tak, aby se zamezilo přílišnému rozpouštění

zkoušeného materiálu. Zplodiny se odstraňují střídavým ponořováním vzorku do činidla a oplachem pod tekoucí vodou. Oplachování vodou se provádí tak dlouho, dokud povrch není od korozních zplodin očištěn. Posledním krokem je opláchnutí vzorku destilovanou vodou, rychlé osušení a vložení do exikátoru. Po zchlazení se vzorek zváží. Úbytky rozměru nebo hmotnosti se pak při vyčíslení korozního rozrušení odečtou od úbytku zjištěných u vzorku po korozní zkoušce. [3]

Záznamy o korozních zkouškách musí obsahovat tyto údaje:

- význam korozní zkoušky
- způsob postupů korozní zkoušky a čísla normy
- značení a popis vzorků, zahrnující údaje o chemickém složení, metalografickém rozboru, o technologii a provedení povrchové úpravy
- informace o umělých zásazích do struktury a vlastnosti materiálu za účelem zesílení korozního prostředí včetně údajů o chemickém složení a fyzikálních podmínkách prostředí
- metoda upevnění vzorku
- záznam o mechanickém namáhání, kterému byl vzorek vystaven
- metoda časového hodnocení koroze
- všechny další okolnosti, které mají vliv na průběh korozní zkoušky
- záznamy o střídání jednotlivých prostředí s přesnými údaji o době působení každého z nich [3]

## **1.5.1 VYHODNOCENÍ KOROZNÍCH ZKOUŠEK**

### **1.5.1.1 Kvalitativní metody**

Kvalitativní hodnocení je prováděno tehdy, jestliže nelze aplikovat kvantitativní metody. Velmi časté použití nastává při atmosférických zkouškách a zkouškách povrchových vrstev. Nejčastěji se hodnotí výsledek zkoušek srovnáním se standarty. Kvalitativní hodnocení korozních zkoušek se provádí vizuálně, mikroskopicky nebo použitím barevných indikátorů. Jestliže dochází na povrchu železného předmětu k vytváření nerovnoměrné koroze, místa jsou oddělena, pak na těchto místech nastává rozpouštění železa. Rozpouštění železa je chápáno jako vznik dvojmocných iontů železa, které s červenou krevní solí dávají modré zabarvení. Obdobně je postupování při ověřování

pórovitosti ochranných povlaků na oceli, mědi a jejich slitinách. Používá se ferrikyanidového indikátoru. Povrch je vložen a namočen do indikátoru nebo pokryt filtračním papírem nasyceným roztokem indikátoru. Jestliže se projeví zmodrání, popisuje nám to místo pórů, kde dochází k anodické reakci. Při zkoušení pórovitosti eloxovaných povlaků na hliníku se používají jako indikátory dvojchroman draselný a kyselina chlorovodíková. Místo póru se projeví zbarvením do zelena. [3]

#### 1.5.1.2 Kvantitativní metody

Rozsah korozního napadení se hodnotí:

- dle hmotnostních a rozměrových změn
- dle změn funkčních nebo mechanických vlastností
- ze změny složení korozního prostředí [3]

Metoda zjišťování hmotnostních nebo rozměrových změn poskytuje dobré výsledky za předpokladu dokonalého odstranění korozních zplodin z povrchu zkoušeného kovu. Používá se pro vyhodnocování rovnoměrného korozního napadení. Zda-li korozní zplodiny pevně drží na povrchu materiálu a naopak hmotnost vzorku roste v důsledku vzniku korozních zplodin, je možno použít nepřímou váhovou metodu. Využívá se pro nepřetržité sledování korozních procesů s vyšší reakční schopností. Z váhových dat zaznamenaných v pravidelných časových intervalech dostaneme korozní diagram z jediného vzorku. [3]

Metoda zjišťování rozměrových změn vzorku před a po korozní zkoušce je velmi jednoduchá, avšak velmi hrubá. Používá se u případů rovnoměrného napadení, kdy je využití váhové metody nemožné. Při hodnocení bodové, důlkové nebo skvrnité koroze se posuzuje hloubka skvrn, důlků nebo bodů. Posouzení se provádí pomocí makroskopického proměření rozdílu mezi polohou zaostření na okraj a dno korozního důlku nebo proměření indikátorem ostrým hrotem. [3]

## 1.5.2 LABORATORNÍ METODY ZKOUŠENÍ KOROZE

### Základní metody zkoušení:

- metody zkoušení vrstev na materiálech
- metody zkoušení kovů na plynou korozí
- metody zkoušení koroze kovů v elektrolytech
- urychlené laboratorní zkoušky [3]

#### 1.5.2.1 Metody zkoušení vrstev na materiálech

Tloušťky vrstev na povrchu materiálu je možné zjišťovat těmito metodami:

- prostřednictvím mechanického mikrometru
- mikroskopicky, využitím okulárového mikrometru na příčném výbrusu vrstvy od čistého povrchu kovu a povrchu pokrytého vrstvou
- technikou polarizovaného světla podle změny polarizace světla při jeho odrazu od čistého povrchu materiálu a povrchu pokrytého vrstvou
- interferenční metodou, porovnáním zbarvení dávané vrstvou se zbarvením vyvolaným vzduchovými vrstvami známých tloušťek mezi dvěma skleněnými destičkami
- gravimetrickými metodami založenými na stanovení zvětšení hmoty kovového vzorku podle vytvářejících se vrstev na jeho povrchu nebo zmenšením hmoty po jejich odstranění
- objemovými metodami
- elektrometrickou metodou, vychází ze stanovení objemu elektrického proudu potřebného pro elektrochemické obnovení vrstvy pomocí katodové úpravy kovu [3]

#### 1.5.2.2 Metody zkoušení kovů na plynou korozí

Principem je sledování rychlosti koroze kovů v různých plynech. Zkouška se realizuje zjišťováním váhového přírůstku nebo úbytku zkoušeného kovového vzorku v průběhu plynulého ohřevu periodickým vážením při dané konstantní teplotě. Výsledkem je získání oxidačního diagramu. Dalším typem těchto zkoušek je srovnání mechanických vlastností vzorků kovu neovlivněného korozním prostředím se vzorky ze stejného kovu po korozní zkoušce. [3]

### 1.5.2.3 Metody zkoušení koroze kovů v elektrolytech

Tyto metody se dělí do tří základních skupin:

- všeobecné zkoušky
- speciální zkoušky
- elektrochemické zkoušky [3]

#### Všeobecné zkoušky

Pro případ rovnoměrné koroze je nejdostupnější metodou stanovení korozní odolnosti kovu v elektrolytech test ponorem v odkryté nádobě. Zkouška je prováděna při úplném nebo částečném ponoru, při střídavém ponoru, při promíchávání elektrolytu, při probublávání plynu. Zkoušky za vyšších teplot jsou vykonávány v uzavřených nádobách se zpětnými chladiči, za zvýšených teplot a tlaku se provádí v autoklavech. [3]

Základní ukazatelé koroze kovů jsou:

- vnější vzhled korodovaných vzorků
- změna hmotnosti
- změna rozměrů
- změna mechanických vlastností
- změna elektrického odporu [3]

Pro vyhodnocování nerovnoměrné koroze kovu, se používají tyto metody:

- proměřením číselníkovým úchylkoměrem
- stupňovitým opracováním přesně odměřovanými úběry do odstranění nejhlubšího korozního napadení
- makroskopické proměření využitím mikroskopu s kalibrovaným svislým posuvem a stanovením rozdílu mezi polohou zaostření na okraj a na dno korozního rozrušení [3]

#### Speciální zkoušky

Jde o zkoušky probíhající za současného namáhání. Při statických zkouškách se využívá tah a ohyb, při dynamických zkouškách ohybu a namáhání tah a tlak, jak v oblasti plastické tak i pružné deformace. Kavitační rozrušování je sledováno na vzorcích



materiálů, které se přichycují do kavitační oblasti hydrodynamických strojů a pozoruje se jejich stálost podle váhových úbytků. Dále jsou prováděny také zkoušky na korozi vibrační. [3]

### **Elektrochemické zkoušky**

Velká část korozních procesů má elektrochemický charakter, proto se provádí studium elektrochemických charakteristik kovů.

Nejčastěji se provádí tato měření:

- měření korozního proudu
- měření korozního potenciálu
- měření polarizačních diagramů
- měření potenciálových křivek [3]

#### **1.5.2.4 Urychlené laboratorní zkoušky**

Pro kvalitativní srovnání korozních odolností materiálů se využívá urychlených laboratorních metod.

Rozdělení urychlených laboratorních zkoušek:

- korozní zkouška v kondenzační komoře
- korozní zkouška v solné mlze [3]

#### **Korozní zkouška v kondenzační komoře**

Postup této zkoušky je založen na vystavení vzorku vlivům kondenzující vodní páry za přítomnosti kyslíčnicku siřičitého nebo bez něj. Časová jednotka je základní měrnou jednotkou, po kterou chráněný nebo nechráněný materiál odolává danému koroznímu prostředí. Výsledkem zkoušky je posouzení relativní odolnosti vzorků z různých materiálů nebo téhož materiálu s odlišnou povrchovou úpravou. Zkušební zařízení není normalizováno, nesmí však být zhotoveno z korodujícího materiálu a nesmí docházet ke skapávání zkondenzované vody ze stěn na exemplář. Nejdůležitějšími částmi komory jsou ohřívací systém a kontrola teploty, ventilátor a sběrná zařízení. [3] [15]

## Korozní zkouška v solné mlze

Z výsledků této zkoušky můžeme stanovit odolnost materiálu v přírodní přímořské atmosféře, ve které je rozhodujícím korozním činitelem aerosol mořské vody. Princip zkoušky je založen na vystavení vzorků v uzavřeném prostoru při působení vysoké relativní vlhkosti a zvýšené teplotě. Oproti zkoušce v kondenzační komoře je zde navíc současný účinek rozprašované mlhy vodního roztoku chloridu sodného. Výsledkem je stupeň korozního napadení v časových intervalech. Jedná-li se o materiály, které jsou určeny pro zařízení trvale vystavené atmosféře je trvání zkoušky 240 hodin. [3]

### 1.5.3 ZKOUŠKY V PŘÍRODNÍCH PODMÍNKÁCH

Zkoušky jsou prováděny za přirozených podmínek, jsou dlouhodobé a dělíme je na:

- zkoušky atmosférické
- zkoušky v přírodních vodách
- zkoušky v půdách [3]

Tyto zkoušky dávají nejspolehlivější výsledky. Nevýhodou je značná obtížnost a jsou velmi nákladné, protože vyžadují dlouhou zkušební dobu. Kromě základního materiálu se zkouší také svary a jednotlivé konstrukční součásti. Vzorek musí být sestaven a upraven tak, aby odpovídal reálné úpravě materiálu používaného k výrobě zařízení. [3]

#### 1.5.3.1 Korozní zkoušky v atmosféře

Zkoušky slouží ke zjišťování korozní odolnosti materiálu a povrchových úprav v různých typech atmosfér. Zkoušky se provádí na stojanech, při jejichž výrobě musí být dodrženy tyto pravidla:

- vzorky musí být otočeny proti jihu a odkloněny od vodorovné roviny o 45°
- zadní plocha zkušební vzorku musí být volná
- vzorky musí být přichyceny na rámu úchytkami z nekovových materiálů, musí být systematicky uloženy tak, aby byl vyloučen styk vzorku a stékání korozních zplodin na spodní vzorky
- spodní řada vzorků musí být vzdálená od země 50 cm, aby nedošlo ke znečištění vzorků při dešti

- stojan nesmí být zakrýván předměty, které by stínily vzorky před sluncem
- stojan a rám musí být bezpečně zajištěny proti posunutí a pootočení [3]

V průběhu korozní zkoušky jsou zakázány úpravy povrchů, jedinou výjimkou je očištění povrchů vzorků určených výhradně pro vizuální kontrolu. Hodnocení se provádí pomocí váhových změn. [3]

#### **1.5.3.2 Korozní zkoušky v přírodních vodách a půdách**

Stanovení korozní odolnosti ve vodách za přirozených podmínek se provádí ve vodních korozních stanicích na řekách, mořích a vodních nádržích. Zkoumané exempláře jsou uloženy do rámu umístěných na dřevěných plovácích, zakotvených tak, aby zkouška neprobíhala v místě lokálních znečištění, ale v proudící vodě. [3]

V průběhu zkoušek musí být sledováno:

- chemické složení vody
- obsah rozpuštěných látek
- mechanické nečistoty
- teplota
- pH
- rychlost proudění
- průtok
- biologické údaje [3]

Korozními zkouškami v půdách a zeminách se pozoruje odolnost různých materiálů určených pro tato prostředí a dále agresivita různých druhů půd na jednotlivé korozní ochrany. Postup zkoušky spočívá v zakopání vzorků do zeminy nebo půdy. [3]

Zkoušky jsou vyhodnoceny v delších časových intervalech. Výchozím parametrem je popisování změn vzhledu a váhových rozdílů. [3]



## 2. POVRCHOVÁ OCHRANA

Korozní odolnost materiálu, jež je příhodný z konstrukčního hlediska, nebývá vždy vyhovující. Zlepšení vlastností nebo zmenšení aktivity povrchu konstrukčního materiálu vychází z několika různých mechanismů ochranných povlaků a vrstev:

- povlak nebo vrstva uděluje podkladovému kovu katodickou ochranu
- vrstva slitiny, vytvořená obohacením povrchu kovu legujícím prvkem, má v souladu s principem antikorozičního legování vyšší odolnost než chráněný kov
- povlak odděluje chráněný povrch od korozního prostředí
- vrstva uměle vytvořených sloučenin chráněného kovu má vyšší ochranné vlastnosti
- vrstva látek, které mají na chráněný kov inhibiční následek [1]

Tloušťka povlaku a vrstev vychází z mechanismu působení a z vlastností materiálu vrstvy.

Rozdělení povrchových úprav:

- příprava povrchu
- kovové povlaky a vrstvy
- organické povlaky a vrstvy
- anorganické nekovové povlaky a vrstvy [1]

### 2.1 PŘÍPRAVA POVRCHU

Korozní odolnost kovových materiálů je závislá na čistotě a geometrii povrchu. Také ochranné a vzhledové vlastnosti povlaků vychází z čistoty a struktury povrchu základního kovu. Proto se povrch, na který bude aplikována povrchová ochrana, předem upravuje. Nejčastěji úprava probíhá ve dvou stupních. Nejprve jsou z povrchu odstraněny organické látky, potom soli a korozní produkty a pak se povrch zdršňuje podle požadavků další použité technologie. Způsob úpravy se volí dle druhu znečištění povrchu, podle rozměru a tvaru předmětu a podle stanoveného stupně čistoty a drsnosti povrchu. [1]

### 2.2 KOVOVÉ POVLAKY A VRSTVY

Kovové povlaky jsou velmi častým prostředkem úpravy povrchu. Funkce povlaků může být ochranná nebo ozdobná a může dodávat povrchu i další vlastnosti, jako frikční, odolnost proti oděru, odrazivost světla, elektrickou vodivost. Vlastnosti povlaků

jsou závislé na druhu základního materiálu, typu povlakového kovu a na metodě vytváření vrstvy a její tloušťce. To umožňuje použít jak vhodný povlakový materiál, tak vhodnou technologii a postup nanášení. Tuto volbu stanovuje povaha chráněného materiálu, velikost předmětu, členitost povrchu i přípustné změny mechanických vlastností a rozměrů. [1]

Nanášení kovových povlaků je založeno na několika principech. Mechanický způsob spočívá v nanesení ochranné vrstvy tlakem. Aplikuje se především pro tvorbu tlustších ochranných vrstev. Tlusté vrstvy korozivzdorných materiálů se naválcovávají na desky základního materiálu, takže se vytváří plátovaný materiál, v němž nosnou funkci má podkladový kov a plátovací má funkci ochrannou. Při žárovém stříkání se kov taví ve stříkací pistoli a tlakem plynu jsou tuhnoucí kapky kovu vrhány na chráněný povrch materiálu. [1]

Fyzikální principy jsou založeny na fyzikálních procesech jako kondenzace, difúze nebo tuhnutí. Při nanášení povlaku z par kondenzuje povlakový materiál na chladném povrchu základního materiálu. Vzniklá vazba mezi povlakem a podkladem je mechanická. U dalších metod je spojení difúzní a je spojeno se vznikem intermetalických sloučenin. Při nanášení ponorem do roztaveného kovu utkvívá na povrchu daného předmětu vrstva roztaveného kovu, která se po ztuhnutí stává hlavní funkční součástí povlaku. Difúzní vrstvy se zhotovují při zahřívání základního kovu v prášku povlakového materiálu. [1]

Další metody jsou založeny na chemické i elektrochemické reakci. Při vysokoteplotních metodách, kdy je materiál vystaven účinku par nebo tavenině soli nanášeného kovu, se produkuje difúzní vrstva. U tohoto procesu se využívá postupů, při nichž dojde k uvolnění difundujícího kovu redukcí jeho sloučeniny nebo jejím tepelným rozkladem či redukcí chráněným kovem. [1]

Nízkoteplotními metodami vznikají povlaky bez difúzního spojení. Povlak může být vylučován dvěma metodami, buď elektrochemickou redukcí kationtů nanášeného kovu, anebo účinkem chemického redukčního činidla. První způsob je elektrolytické pokovování, používané převážně k vytváření tenkých povlaků. Druhý způsob je chemické bezproudové pokovování. Použití je vhodné pro ochranu součástí s členitým povrchem, tlustší vrstvou a pro pokovení elektricky nevodivých materiálů. [1]

Ochranný význam kovových povlaků spočívá v antikorozním legování, bariérové ochraně a katodické ochraně povrchu. Ochranná účinnost podléhá zvolené technologii

vytváření povlaku a zvolené tloušťce. U dvouvrstvých povlaků hrozí nebezpečí vzniku průchozích pórů menší, přičemž u niklových povlaků je vnější lesklá vrstva anodičtější, takže zabraňuje vzniku korozi spodní polomatiné vrstvy ve svých pórech. [1]

## **2.3 ORGANICKÉ POVLAKY A VRSTVY**

Organické materiály nám umožňují řadu možností pro ochranu povrchu. Pomocí jejich vlastností získáváme různým způsobem vrstvy odlišných tloušťek a odlišné ochranné vlastnosti. Podle obvyklé tloušťky povlaku lze tyto ochrany dělit na:

- obklady deskami z plastů a pryží
- vrstvy tmelů a stěrkových hmot
- povlaky z plastů a pryží
- nátěry a vrstvy olejů, vazelin a vosků [1]

Ochranný účinek je založen na bariérovém způsobu. U jednotlivých nátěrů, kde je pro malou tloušťku ochranné vrstvy bariérový účinek neveliký, je daný nátěr doplňován inhibičním působením látek v nich obsažených. Hlavním kritériem ochranné schopnosti je propustnost těchto povlaků. [1]

### **2.3.1 OBKLADY A VYLOŽENÍ DESKAMI Z PLASTŮ A PRYŽÍ**

Pro tento druh obkladů se používají desky nebo fólie z termoplastů, reaktoplastů i elastomerů. Desky jsou spojovány s chráněným povrchem tak, že se po úplné ploše na něj nalepí nebo se k němu místně uchytí příchýtkami. Jednotlivé desky jsou spojovány svařováním nebo lepením. Tato ochrana se používá pro rozměrnější zařízení. [1]

Do této kategorie spadají i ochranné vrstvy z asfaltových nebo bitumenových lepenek bez posypu nebo s posypem, asfaltové skleněné tkaniny nebo rohože, asfaltové vrstvené materiály s vložkou z polyethylenové nebo hliníkové fólie, které se používají pro ochranu zděných nebo betonových základů proti zemní vlhkosti, spodní vodě a srážkové vodě. [1]

### **2.3.2 VRSTVY TMELŮ, PAST A STĚRKOVÝCH HMOT**

Pro sestavení vrstev několikamilimetrové tloušťky lze použít plastů, živic i elastomerů ve formě roztoků, past a disperzí. Povlaky z chloroprenového, polysulfidického a silikonového kaučuku lze zhotovit z jejich roztoků aplikací štětcem, stříkáním, vyléváním a máčením nebo z past nanášených stěrkou či stříkáním. Při tvorbě povlaku

z roztoků se nanáší pár vrstev, a proto je postup poměrně drahý. Jednosložkové směsi jsou vytvrzovány za tepla, dvousložkové směsi se vytvrzují za normálních teplot. Jejich velká výhoda je schopnost chránit i velmi členitý povrch materiálu. [1]

Často používané jsou asfaltové izolační povlaky. Tyto povlaky jsou použitelné do teploty 40°C a jsou chráněny před poškozením obkladem nebo vyzdívkou. Podobným stylem se nanášejí i zdravotně nezávadné povlaky na bázi vosků, pryskyřic a asfaltu. [1]

Jiným typem je vytváření ochranných vrstev z koncentrovaných disperzí přírodního nebo syntetického kaučuku, nanášených stříkáním, poléváním a máčením. Můžeme volit trojí postup:

- 1) nanášení latexové disperze postupně po jednotlivých vrstvách, jejich vysušení a vytvrzení povlaku
- 2) vysrážení latexu z disperze elektrolytem
- 3) elektroforeticky, při zapojení chráněného předmětu jako anody [1]

Thustší vrstvy lze vyrobit současným stříkáním obou složek za studena vytvrzované pryskyřice a sekaného skleněného vlákna, které vrstvu vyztužuje. Do této třídy patří také pokládací a spárovací tmely používané při vyzdívání a obkládání. Obkladový materiál se pokládá přímo zplna do tmelu nebo do jednoho tmelu a druhým se spáruje. Organické tmely se používají zejména u mechanicky namáhaných vyzdívek a obkladů a při střídání alkalického a kyselého prostředí. [1]

### **2.3.3 OCHRANNÉ POVLAKY Z PLASTŮ**

Tyto ochranné povlaky, pevně spojené s podkladem mají nejen ochranný účinek, ale také estetický. Lze je vytvořit trojím způsobem:

- 1) Žárové stříkání nebo fluidační metoda nanášení práškových plastů. Při žárovém stříkání jsou částice prášku plastu natavovány v acetylenovém plameni a po dopadu na předehřátý povrch materiálů se ztavují do souvislé vrstvy. Při fluidačním způsobu se předmět předehřívá v peci a pak je ponořen do zčeřeného prášku, který se na povrchu ztavuje. [1]
- 2) Organosolový způsob. Disperze polymerního materiálu v příhodném těkavém rozpouštědle se ve vrstvách nanese na poklad. Vrstva se ztavuje po vysušení. [1]

- 3) Plastisolový způsob. Tenká plocha disperze polymerního materiálu v plastifikátoru želatinuje. [1]

#### 2.3.4 NÁTĚRY

Nátěry jsou nejrozšířenější povrchovou ochrannou. Plní jak funkci ochrannou tak funkci estetickou. Pojem nátěrové hmoty je název pro všechny hmoty, které se vhodnou metodou nanášejí na podklad v tekutém, těstovitém nebo práškovitém stavu. Po nanesení na podklad vytváří nátěrový film. [1] [16]

Dle charakteristických vlastností se nátěrové hmoty dělí na:

- Laky jsou transparentní nátěrové hmoty, které na podkladu vytváří průhledný nátěrový film. Tento film splňuje ochranné, dekorativní i specifické vlastnosti
- Pigmentové nátěrové hmoty, vytváří neprůhledný film

Dle účelu použití se nátěrové hmoty dělí na:

- Vnitřní, jedná se o nátěry stavebních prvků uvnitř budov, malířské barvy. Tyto nátěry nejsou schopné odolávat venkovnímu prostředí, především slunečnímu záření.
- Venkovní, jsou schopné snášet venkovní atmosféru. Mají vyšší odolnost vůči slunečnímu záření a účinkům povětrnosti.
- Speciální, tato skupina zahrnuje nátěrové hmoty pro ochranu proti pohonným hmotám a kyselinám. [16]

Dle použití a pořadí v nátěrovém systému:

- Napouštěcí, které se aplikují při napouštění savých podkladů.
- Základní, které se používají jako první nátěr nenatřeného nebo napouštěného podkladu. Může se také jednat o první vrstvu obnovovacího nátěrového systému.
- Vyrovnávací nátěrové hmoty, se využívají pro vyrovnávání nerovností v povrchu podkladu. K zaplnění pórů v předchozím nátěru a vytvoření hladkého rovnoměrného povrchu.
- Podkladové hmoty se používají pro tvorbu vrstev mezi základním a vrchním nátěrem.
- Vrchní nátěrové hmoty tvoří poslední nanášenou vrstvu v systému.





- Maskovací hmoty se používají pro maskovací účely. Využití těchto nátěrů se vyskytuje u vrchních vrstev vojenské techniky. [16]

Dle způsobu tvorby nátěrového filmu:

- Chemickými pochody
  - Při tvorbě nátěru probíhají chemické pochody, při kterých z nízkomolekulárních látek vznikají makromelokuly.
- Fyzikálními pochody
  - Zasychání nátěrových hmot probíhá odpařením rozpouštědel nebo ztuhnutím hmoty, která byla před aplikací roztavena. [16]

#### 2.3.4.1 Označování nátěrových hmot

Nátěrová hmota se označí písmenem a čtyřmístným číslem. Písmeno oznamuje základní pojivovou surovinovou bázi výrobku:

- A – asfaltové nátěrové hmoty
- B – polyesterové nátěrové hmoty
- C – celulózoové nátěrové hmoty
- E – práškové nátěrové hmoty
- H – chlorkaučukové nátěrové hmoty
- K – silikonové nátěrové hmoty
- L – lihové nátěrové hmoty
- N - nátěrové hmoty pro povrchovou úpravu kovových pásů
- O – olejové nátěrové hmoty
- S – syntetické nátěrové hmoty
- U – polyuretanové nátěrové hmoty
- V – vodové a emulzní nátěrové hmoty
- P – pomocné přípravky [16]

Snaha vyjadřovat prvním písmenem pojivovou bázi nátěru nebyla dodržena u lihových a vodou ředitelných nátěrových hmot, kde ve značení vystupuje použitá těkavá látka a nikoliv pojivo. Kategorie syntetických nátěrových hmot zahrnuje hmoty různé pojivové báze, která je nejčastěji vyjádřena až v jejím názvu. [16]

Číslo za názvem poskytuje informace o druhu nátěrové hmoty:

- 1000 – fermeže a bezbarvé, popřípadě transparentně obarvené laky
- 2000 – nátěrové hmoty pigmentové
- 3000 – pasty
- 4000 – nástřikové a vyrovnávací hmoty
- 5000 – tmely
- 6000 – ředidla
- 7000 – sušidla, tvrdidla, katalyzátory
- 8000 – pomocné přípravky
- 9000 – pryskyřice [16]

Označování a hodnocení barevných odstínů nátěrů. První číslo udává barevný tón:

- 0000 – 0999 nátěrové hmoty bezbarvé
- 1000 – 1999 nátěrové hmoty šedé
- 2000 – 2999 nátěrové hmoty hnědé
- 3000 – 3999 nátěrové hmoty fialové
- 4000 – 4999 nátěrové hmoty modré
- 5000 – 5999 nátěrové hmoty zelené
- 6000 – 6999 nátěrové hmoty žluté
- 7000 – 7999 nátěrové hmoty oranžové
- 8000 – 8999 nátěrové hmoty červené
- 9000 – 9999 nátěrové hmoty ostatní [16]

#### **2.3.4.2 Základní složky nátěrových hmot**

Pro výroby nátěrových hmot se používá široká škála nejrozličnějších surovin, jejichž počet se odhaduje kolem tisíce. Nátěrová hmota musí být fyziologicky nezávadná. Toto množství surovin můžeme rozdělit do čtyř skupin dle jejich specifických funkcí a to na:

- filmotvorné látky
- pigmenty, plniva a barviva
- těkavé složky
- ostatní přísady [16]

#### 2.3.4.2.1 Filmotvorné látky (pojiva, změkčovadla)

Základní funkce filmotvorných látek spočívá v umožnění tvorby nátěrového filmu. Látky mají vliv na důležité vlastnosti nátěrového filmu, jako vlastní odolnost, lesk, pružnost, přilnavost, ohebnost a tvrdost. Základní lak je roztok tvořen z pojiva spolu s těkavými složkami. Novodobé nátěrové hmoty jsou založeny na syntetických pryskyřicích. Mezi velmi významné pryskyřice patří:

- Epoxidové pryskyřice, které jsou pojivem pro významnou skupinu dvousložkových nátěrů s vysokou chemickou odolností. Pro dosažení dobrých vlastností se musí kombinovat s dalšími látkami. [16]
- Epoxysterové pryskyřice patří mezi pojiva pro jednosložkové nátěry. Používají se pro zpracování laků, emailů zasychajících na vzduchu, přísoušecích a vypalovacích emailů. [16]
- Polyuretanové pryskyřice se používají pro dvousložkové nátěrové hmoty vytvrzované za normálních teplot. Mají vysokou odolnost proti mechanickému namáhání, odolnost vůči vodě a dobrou chemickou odolnost. [16]
- Akrylátové pryskyřice patří mezi nejmodernější pojiva. [16]
- Alkydové pryskyřice, jsou polyestery různých organických kyselin kombinované s rostlinnými oleji. Velká část alkydových pryskyřic se vyrábí i ve formě vodných disperzí pro vodou ředitelné nátěrové hmoty. [16]
- Silikonové pryskyřice jsou pojiva pro vypalovací nátěrové hmoty. Mají vynikající odolnost proti vyšším teplotám a dobré elektroizolační vlastnosti. [16]
- Melaminformaldehydové a močovinoformaldehydové pryskyřice se upravují kondenzací melaminu nebo močoviny s formaldehydem. Zvyšují mechanické vlastnosti nátěrových filmů, zvyšují jejich lesk a chemickou odolnost. [16]

#### 2.3.4.2.2 Pigmenty

Pigmenty jsou barevné prášky, které dodávají nátěrům barevný odstín a kryvost. Barevný odstín má velmi důležitou estetickou funkci, je charakterizován daným typem pigmentu. Kryvost je schopnost nátěru zakrýt daný podklad. Některé organické pigmenty blednou, zatímco anorganické tmavnou. Organické pigmenty jsou oproti anorganickým méně odolné vůči povětrnosti. [16]



Dle složení se pigmenty dělí na:

- anorganické
- organické
- směsné [16]

Samostatná skupina je tvořena pigmenty:

- anorganické
- listkové [16]

### **Anorganické pigmenty bílé**

Jsou rozděleny na:

- titanová běloba
- zinková běloba
- litopon [16]

Titanová běloba je dominující bílý pigment. Hlavní výhodou je vysoká kryvost a vyjasňovací schopnost. Rozlišujeme dva typy titanové běloby a to anatasový a rutilový. Rutilový typ je dražší a má vyšší odolnost proti povětrnostním vlivům a větší vyjasňovací schopnost. [16]

Zinková běloba je oxid zinečnatý s obsahem dalších kovových sloučenin. Zvyšuje tvrdost nátěru tvorbou zinečnatých mýdel s mastnými kyselinami pojiva, zvyšuje trvalost lesku a také zlepšuje odolnost proti křídování. Další jeho vlastností je zpomalování procesu žloutnutí a snižování propustnosti nátěrů pro oxid siřičitý. [16]

Litopon je určen pro speciální použití, jako jsou olejové tmely. Jedná se o směsnou sůl sulfidu zinečnatého se síranem barnatým. Pigment se nepoužívá pro vrchní venkovní nátěry, neboť působením slunečního záření dochází k šednutí až černání nátěrů. [16]

### **Anorganické pigmenty pestré:**

Do této skupiny patří:

- chromanové pigmenty
- železité pigmenty

- grafit
- saze
- kovové bronzy
- hliníkové bronzy
- pigmenty ze slitin mědi
- železitá slída [16]

Chromanové pigmenty patří k velmi významným pigmentům. Z důvodu toxicity je v řadě států jejich použití zakázáno. Jsou nahrazovány organickými pigmenty, i když jejich náhradou se nedosahuje stejných vlastností. [16]

Železité pigmenty jsou synteticky vyrobené produkty ze solí železa odpadajících při jiných chemických výrobcích. Mezi vhodné vlastnosti patří vysoká krycí schopnost a vysoká barvivost. Dále odolávají atmosférickým vlivům a alkáliím. [16]

Grafit je černý pigment, který se v nátěrových hmotách používá jen pro speciální aplikace. Využívá se u nátěrů pro svou schopnost se šupinkovitě uspořádat a také pro svou dobrou chemickou i světelnou stabilitu. Nátěry pigmentované grafitem mají vysokou tepelnou odolnost, nevýhodou je však měkkost nátěrů a černý odstín. [16]

Saze jsou nejpoužívanějším pigmentem. Základem sazí je téměř čistý uhlík vznikající nedokonalým spalováním organických látek. Dle surovin a technologického postupu zpracování výroby existuje celá řada sazí. Důležitým pravidlem při spalování je, že čím dokonaleji se suroviny spalují, tím vyšší je jakost produktu. Jakostí se myslí především jemnost částic, hloubka odstínu a varovací mohutnost. [16]

Kovové bronzy jsou skupinou pigmentů, kterou tvoří kovy a jejich slitiny. Vyskytují se ve formě prášku nebo pasty. Mezi základní druhy patří především hliník, méně často slitiny mědi. Pigmenty jsou většinou vyráběny z různých odpadů hliníkových fólií. Výrobní postup je různě obměňován dle možností jednotlivých výrobců. [16]

Aplikace hliníkových bronzů je všestranná. Pigmenty se využívají v tiskařství na papír, tapety, dekorativní nátěry, fólie, nátěry na lodě. Hlavní použití je u antikoročních nátěrů. Využívá se především schopnosti hliníkového bronzu uspořádat se v nezaschlém mokrému nátěru, způsobem obdobným uspořádání tašek na střeše. Díky tomuto uspořádání je omezeno pronikání vody a plynu do hmoty nátěrů směrem k podkladu. Pigmenty mají vyšší kryvost, ale malou vybarvovací schopnost. [16]

Pigmenty ze slitin mědi mívají různé barevné odstíny dle objemu mědi. Železitá slída se díky svým vlastnostem vyskytuje na rozhraní mezi pigmenty a plnivy. Získává se hornickým způsobem a pak rozmělnováním. Železitá slída je odolná proti vysokým teplotám, povětrnosti a alkalickému prostředí. [16]

### **Antikorozní pigmenty**

Do této kategorie patří:

- fosforečnan zinečnatý
- modifikované typy fosforečnanu zinečnatého
- kovový zinek
- jádrové pigmenty [16]

Fosforečnan zinečnatý se používá ve snaze nahradit olovnaté a chromanové pigmenty. Je prakticky nerozpustný a nepodporuje puchýřkování nátěrů. Modifikované typy fosforečnanu zinečnatého mají lepší vlastnosti, než samotný fosforečnan zinečnatý. Kovový zinek je velmi citlivý k pojivům kyselé povahy a snadno s nimi reaguje za vývoje vodíku. Nátěry s vysokým obsahem zinku se využívají především na spodky karoserií a také mostní konstrukce. Pigmenty jádrové se vyrábí tak, že na povrchu jádra inertního materiálu se vysráží aktivní složka. Kvalita jádrových pigmentů je ovlivněna způsobem a jakostí výroby. [16]

### **Plniva**

Pro plniva platí stejná kritéria jako pro pigmenty s tím rozdílem, že mají nižší index lomu. Plniva tvoří kostru nátěrového systému, jelikož struktura povlaku se zesiluje právě těmito pevnými částicemi. Plniva by měly být co nejsvětlejší. [16]

Mezi základní plniva patří:

- blanc fixe
- kaolin
- talek
- těživec
- písek a mramorová drť
- organická efektní plniva [16]

#### 2.3.4.2.3 Těkavé složky

Rozpouštědla jsou charakterizována jako kapalné organické sloučeniny, které mají schopnost rozpouštět oleje, tuky, vosky, přírodní a syntetické pryskyřice. V nátěrových hmotách tvoří velký podíl a jsou obsažena i ve většině vodou ředitelných nátěrových hmot. Rozpouštědla slouží jen krátkou dobu při výrobě a nanášení nátěrů. Rozpouštědla dělíme dle rozpouštěcí schopnosti na pravá a nepravá. [16]

Pravá rozpouštědla jsou schopna rozpouštět pojiva nátěrových hmot. Nepravá rozpouštědla jsou levnější a jsou schopná rozpouštět pojiva jen za přítomnosti pravého rozpouštědla. Velmi důležitý je správný postup při volbě nepravého ředidla, aby nedošlo k porušení procesu tvorby nátěrového filmu. [16]

Ředidla jsou směsí pravých i nepravých rozpouštědel. Ředidla můžeme rozdělit dle chemického složení, dle odpařivosti, podle bodu varu a bodu vzplanutí.

Mezi základní ředidla patří:

- rozpouštěcí technické benziny
- lakový benzín
- toluen
- xylen
- solventní nafta
- estery
- etylacetát
- butylacetát [16]

#### 2.3.4.2.4 Ostatní přísady (aditiva)

Nátěrové hmoty se skládají z filmotvorné látky, pigmentů, plniv a těkavých látek. Velmi vysoké požadavky, které jsou kladeny na nátěry, nejsou splnitelné bez použití malého množství pomocných látek. Tyto látky se značí jako aditiva. Díky aditivům se zlepšuje a zrychluje dispergace pigmentů v barvě, zabraňuje se pění nátěrových hmot a jejich želatínaci. Aditiva zvyšují odolnost nátěrů proti povětrnostním vlivům a proti napadení mikroorganismy. [16]

Nátěrové hmoty obsahují velkou řadu přísad, které je možné dle jejich funkcí a účinků rozdělit do jednotlivých skupin:

- pomocné látky
- zahušťovadla
- iniciátory, katalyzátory, urychlovače a inhibitory [16]

#### **2.3.4.3 Volba nátěrového systému pro protikorozi ochranu**

Aplikovaný povlakový systém musí chránit podklad proti korozi a negativním vlivům vnějšího prostředí. Ochranné povlaky se dělí dle jejich funkcí, účelů a cílů. Základní kritéria nátěrového systému je možno rozdělit na:

- funkce trvalé protikorozi ochrany
- funkce dočasné protikorozi ochrany
- funkce dekorativní
- kombinovaná funkce [16]

Další etapou rozboru je vymezení a vyhodnocení všech důležitých činitelů. Do této skupiny patří:

- korozi agresivita prostředí
- způsob umístění
- technicky dosažitelný způsob čištění daného povrchu
- technologie a postup zhotovování ochranných systémů
- ekologické, zdravotní a bezpečnostní požadavky
- předpokládaná trvanlivost
- ekonomické vyhodnocení [16]

#### **2.3.4.4 Nátěry pro vnější atmosférické podmínky, a pro povrchy exponované ve vodě**

Pro ochranu v atmosférických podmínkách je možné použít širokou škálu různých typů nátěrů. Do této skupiny nátěrů patří:

- olejové nátěrové hmoty
- alkydové nátěry





- epoxidové nátěry
- epoxysterové nátěry
- polyuretanové nátěry [16]

Mezi základní nátěry pro povrchy exponované ve vodě patří:

- nátěry na bázi bitumenů a přírodních asfaltů
- chlorkaučukové nátěry
- nátěry na bázi vinylových polymerů a kopolymerů
- nátěry z chlorovaného polyvinylchloridu [16]

#### **2.3.4.5 Nanášení nátěrových hmot**

Způsobů nanášení nátěrových hmot je mnoho a každá metoda má své výhody a nevýhody. Důležitým aspektem pro volbu správné metody nanášení je povaha nátěrové hmoty. Hlediska pro zvolení metody nanášení jsou:

- velikost, množství a tvar upravovaného vzorku
- požadované vlastnosti nátěru
- jakost povrchu materiálu
- vlastnosti nátěrového systému
- pracnost a ekonomické hledisko [3]

##### **2.3.4.5.1 Nanášení štětcem**

Tato metoda patří mezi nejstarší postupy nanášení. Vyžaduje vysokou zručnost a svědomitost pracovníka. Pro správné provedení nátěrů jsou důležité kvalitní a udržované štětce. Štětce se vyrábí v různých velikostech a provedeních. Délka štětin nemá přesahovat délku 5 cm. Delší štětiny se využívají u řidších nátěrů a kratší štětiny u hustších nátěrů. Postup natírání se provádí tak, že se daný štětec ponoří do nátěrové hmoty. Ponoření se provádí až k podvázání u kulatých štětců nebo až k plechové objímce u plochých štětců. Nátěrová hmota se vytře o hranu nádoby, tím se zajistí, že prostor mezi štětinami je vyplněn nátěrovou hmotou. Štětec se po namočení otře, aby se odstranily přebytky nátěrové hmoty. [3]

Ve druhém kroku dochází k nanesení nátěrové hmoty. Aplikace se provádí třemi až čtyřmi od sebe vzdálenými tahy za působení mírného tlaku. Tlakem na štětec dochází k uvolnění nátěrové hmoty a k vyprazdňování štětce. V další etapě se vrstva nátěru nanesená v předchozí operaci roztírá kolmo na původně nanesené pruhy. Tlak štětce je větší než při prvním nanášení nátěrové hmoty. Poslední stadium je uhlazení nátěru menším tlakem na štětec. Tahy štětce se provádí opět kolmo na předchozí. [3]

Výhody nanášení štětcem:

- dokonalé rozpracování nátěrové hmoty
- správné přilnutí nátěrové hmoty do pórů
- vysoká soudržnost nátěrů k podkladovému materiálu
- minimální ztráty nátěrové hmoty

Nevýhodou je velká pracnost a požadavky kladené na schopnosti natěračce. [3]

#### **2.3.4.5.2 Nanášení navalováním**

Tento způsob nanášení nátěrových hmot je vhodný na rovinné plochy. Velká přednost této metody je minimální ztráta materiálu a možnost mechanizace a automatizace. Hmoty jsou nanášeny nejméně třemi válci. Nanášecí válec je vyroben ze speciální gumy, proto použitá ředidla nesmí obsahovat aromatické uhlovodíky, aby nedošlo k poškození gumového válce. Tloušťka nánosu je ovlivněna vzdáleností nanášecího válce od upravovaného povrchu. Mezi další faktory patří rychlost a orientace otáčení. [3]

#### **2.3.4.5.3 Nanášení namáčením a poléváním**

Princip metody nanášení namáčením spočívá v ponoření předmětu do nádrže s nátěrovou hmotou. Předmět je poté rovnoměrnou rychlostí vynořován. Po vynoření steče přebytek nátěrové hmoty a zbytek vytváří nátěr. Nátěr je klínovitý a tloušťka je charakterizovaná konzistencí hmoty a rychlostí vynořování. [3]

Metoda polévání je obdobná s metodou máčení. Nevýhodou této metody je vytváření stékanců, kapek na hranách a klínovitost nátěru. Nanášení se provádí poléváním dýzami nebo clonou. Vzorčky jsou připevněny na dopravníku a prochází tunelem, kde jsou rovnoměrně sprchovány nátěrovou hmotou. Ztráty a spotřeba nátěrových hmot jsou nižší. [3]

#### **2.3.4.5.4 Nanášení pneumatickým stříkáním**

Jedná se o nejrozšířenější způsob nanášení. Tato metoda se dá dobře mechanizovat a automatizovat. Stříkáním se dosahuje rovnoměrného nátřiku a velmi hladkého povrchu. Součástí stříkacího zařízení je stříkací pistole. Nevýhodou tohoto způsobu je značné rozprašování nátěrové hmoty do vzduchu a velké ztráty rozpouštědla. K těmto ztrátám dochází z důvodu dostatečného naředění nátěrové hmoty. Stříkání se provádí v kabinách, aby nedocházelo k unikání těkavých podílů nátěrových hmot do okolního prostředí. [3]

Kabiny dělíme na:

- stolové
- podlahové
- tunelové

Další metody stříkání:

- stříkání ohřátých nátěrových hmot
- vysokotlaké stříkání [3]

#### **2.3.4.5.5 Nanášení pomocí elektrických sil**

Při nanášení se využívá fyzikálních zákonů o vzájemné přitažlivosti částic s opačným elektrickým nábojem. Tohoto způsobu se využívá v průmyslové výrobě. Nanášení nátěrových hmot pomocí elektrických sil dělíme dále na:

- nanášení nátěrových hmot v elektrickém poli vysokého napětí
- elektroforézní nanášení nátěrových hmot [3]

#### **2.3.5 VRSTVY OLEJŮ, TUKŮ A VOSKŮ**

Vrstvy olejů, tuků a vosků, obsahující příhodný inhibitor koroze, slouží k prozatímní ochraně kovových povrchů. Vhodné použití je v případech, kdy je žádána mazací i ochranná funkce nebo pro ochranu dutin v karosériích. Po splnění požadované funkce se tyto vrstvy odstraňují pomocí organických rozpouštědel. Princip nanášení je obdobný jako u nátěrů. Ochranná účinnost je závislá na konzistenci vrstvy, na tloušťce a na typu inhibitoru. [1]

## 2.3.6 ANORGANICKÉ NEKOVOVÉ POVLAKY A VRSTVY

Anorganické povlaky dělíme do pěti základních skupin:

- 1) konverzní povlaky
- 2) povlaky vytvrzované za studena
- 3) povlaky ztavované z prášku sklovin
- 4) vysokotavitelné keramické povlaky
- 5) vyzdívky [1]

### 2.3.6.1 Konverzní povlaky

Jedná se o uměle vyrobené vrstvy kysličníku, fosforečnanů nebo chromanů kovu. Pro vylepšení odolnosti proti korozi se používají:

- fosfátové vrstvy pro ocel
- chromátové vrstvy pro Al, Cd, Cu, Ag, Mg a Zn
- kysličníkové vrstvy vytvořené anodickou oxidací pro Al, Mg a někdy také Zn
- oxidické vrstvy chemicky vzniklé pro Al, Mg, Cd, Cu, Fe, Zn
- chromatovaná fosfátová vrstva s velmi dobrou ochrannou schopností pro Al a Zn [1]

### 2.3.6.2 Anorganické povlaky vytvrzované za studena

Pro ochranu betonového a cihelného zdiva především proti atmosférické korozi se používá cementové a vápenaté malty. Povlaky chrání ocel při tloušťkách nad 10 až 20 mm. Tlusté vrstvy slouží k ochraně ocelových zařízení proti vysokoteplotní korozi. Vyrábějí se z několika vrstev vytvářených dusáním nebo stříkáním. Betonové vrstvy nanášené odstředivým litím se používají pro chránění vnitřního povrchu ocelového potrubí. Nátěry na bázi cementu bez plniva, lze nanášet stříkáním nebo štětcem. Anorganické nátěry s obsahem zinku obsahují jako pojivo křemičitan olovnatý a vytvrzují se reakcí s fosforečnany. Aplikují se natíráním nebo stříkáním. [1]

### 2.3.6.3 Povlaky ztavené ze skelných prášků – smalty

Jedná se o skla modifikovaných vlastností, které umožňují jejich přilnavost k povrchu daného materiálu. Nejčastěji používané povlaky se nazývají smalty. Vrstva smaltů

se vytváří poléváním, máčením nebo stříkáním a po jejich vysušení se vypaluje. Vypalovací teplota se pohybuje v rozmezí 800 až 900 °C. Nanášené vrstvy se dělí na základní a krycí. Smalt chrání povrch zkoumaného materiálu bariérovým způsobem. Z tohoto důvodu nesmí být povlak pórovitý. Tento požadavek zaručuje dostatečná tloušťka povlaku a korozní odolnost. [1]

Základní složka pro přípravu smaltu je smaltéřská frit. Chemické složení frity působí na vlastnosti sklovitých smaltových povlaků. Smalty se dělí dle složení a dle druhu kovu, pro který je povlak určen na:

- smalty na ocelový plech
- smalty na šedou litinu
- smalty na neželezné kovy [17]

#### **2.3.6.4 Vysokotavitelné keramické povlaky**

Vrstvy vysokotavitelných kysličníků, karbidů, nitridů, boridů a cermetů lze nanášet žárovým stříkáním. Tyto povlaky mají výbornou odolnost proti žáru i proti kyselinám a roztaveným kovům, dále pak vynikají velkou tvrdostí a malými součiniteli tepelné i elektrické vodivosti. U vysokotavitelných keramických povlaků lze využít i nanášení výbuchem. Tloušťka povlaku se volí dle jejich účelu. Pohybuje se rozmezí od 0,05 mm do 5 mm. Povlaky mají dobrou přilnavost, avšak jsou dosti pórovité. Využívají se pro ochranu za vysokých teplot a při současném mechanickém namáhání. [1]

#### **2.3.6.5 Vyzdívky**

Účel vyzdívek je chránit nosný materiál před těžkým korozním napadením a abrazivnímu i tepelnému vlivu prostředí. Jako základní konstrukční materiál se volí konstrukční oceli a železobeton. Jako obkládací a vyzdívkové materiály se používají cihly, dlaždice nebo bloky kameninové, porcelánové, skleněné a další. [1]

Vyzdívky dělíme dle konstrukce do dvou skupin:

- 1) jednoduché vyzdívky
- 2) kombinované vyzdívky tvořené nepropustnou izolační vrstvou a její ochrannou vyzdívkou [1]

### 3. KRÁTKODOBÁ OCHRANA PROTI KOROZI

Krátkodobá ochrana proti korozi se využívá především v průběhu výroby, při skladování a při přepravě výrobků. Úkolem krátkodobé ochrany proti korozi je, aby byly výrobky předány do rukou konzumenta ve stavu nepoškozeném, měly požadovaný vzhled a splňovaly předem stanovené vlastnosti. [18]

Základní úkony při vytváření krátkodobé ochrany jsou:

- očištění povrchu
- pasivace
- konzervace
- balení výrobku [18]

Mezioperační dočasná ochrana se používá při vyrábění v době mezi výrobními úseky v dílnách, při skladování, při montáži a při kontrole. Pro mezioperační ochranu je vhodné použít např. konzervaci, pasivaci nebo umístění do skříní s parami vypařovacího inhibitoru. [18]

Konzervace je uzavření nějakého stavu a zabránění jeho příští přeměny. Provádí se nanesení vrstvou konzervačního prostředku na očištěný povrch vzorku. Požadavkem na konzervační prostředky je snadná aplikace a lehký způsob následného odstranění. Nejčastěji bývají konzervačními prostředky vazelíny, vosky nebo minerální oleje. Konzervační prostředky se na požadovaný povrch mohou nanášet pomocí štětce, stříkáním pistolí a ponorem vzorku do studené nebo ohřáté lázně. Speciálním druhem konzervace je výroba snímatelných filmů ze syntetického plastického materiálu. Nanášení se provádí ponorem do roztavené látky. [18]

Po konzervaci následuje proces nazývaný se dekonzervace. Jedná se o odstranění konzervačních povlaků před dalším technologickým procesem nebo před použitím. U měkkých a tenkých povlaků se používají alkalické roztoky nebo organické rozpouštědla. Povlak je nejdříve naříznut a poté dojde k odloupenutí.

Velké využití krátkodobé ochrany je v průběhu přepravy. Obzvláště při námořní dopravě vzniká velké nebezpečí vzniku koroze. Mechanická ochrana je převážněmu výrobku poskytována přepravním obalem, kde se jedná převážně o dřevěnou bednu. Tato bedna je vyložena bitumenovou lepenkou, aby nedocházelo k vniknutí mořské vody.

Jestliže se přepravovaný materiál skladuje pod širým nebem, tak se tato lepenka dává také na vnější stranu bedny. Výrobek musí být perfektně fixován, aby nedocházelo ke změně jeho polohy a tak k následnému poškození. [18]

### **3.1 UKÁZKY KRÁTKODOBÉ OCHRANY V PRAXI (CORTEC CZECH S.R.O.)**

V praxi se využívá jako antikorozi ochrany nejrozličnějších přípravků, které trh nabízí. Závody, které řeší otázky spojené s korozi materiálu, mají své předpisy a normy, ze kterých musí vycházet. [18]

#### **3.1.1 SPOLEČNOST CORTEC CZECH S.R.O**

Společnost CORTEC Czech, s.r.o. patří mezi světovou špičku v boji proti korozi. Uplatnění mají v mnoha oblastech činnosti jako stavební výroba, transportu a balení produktů, zpracovatelském průmyslu, při ochraně topenišských a chladicích systémů a v mnoha dalších. [19]

Produkty se znakem VpCI® nebo MCI® přinášejí výhody odběratelům díky:

- lehkému použití
- multifunkčnosti chránění
- zefektivnění vyrábění
- zvýšení bezpečnosti práce a ochrany zdraví zaměstnanců
- chránění životního prostředí
- aplikace ve všech fázích životnosti výrobků [19]

Cortec řeší jak případy dočasné ochrany během zpracování, tak středně dlouhou ochranu vhodnou pro transport a skladování i prodlouženou ochranu nezbytnou při dlouhodobém uchovávání. Ve většině případů neviditelná ochranná iontová vrstva VpCI společnosti Cortec nemá vliv na žádnou z důležitých povrchových vlastností. Na ochranu těžce dostupných míst je možno použít VpCI v podobě prášku. Inhibitory na bázi vody jsou schopny vystřídat olejové nátěry a chladiče a prospět tak, jako ochrana proti korozi, kterou lze lehce odstranit. [20]

Obalové výrobky firmy Cortec:

- papíry
- fólie
- pěna
- ochranné bublinkové fólie a výplně [20]

Papíry s inhibitory koroze VpCI umožňují ochranu proti korozi při objemných dodávkách, pro balení hotových výrobků, balení automobilových součástí, pro skladování i přepravu. [20]

Sáčky a fólie VpCI-126 splňují princip pohlcování vlhkosti. Výrobek VpCI-129 slouží jako bariérová ochrana, která udržuje vakuum a hodí se do atmosféry s vysokými teplotami a vlhkostí. [20]

Výběr mezi fóliemi:

- běžná polyetylenová fólie
- smrštitelná fólie
- průtažná fólie
- vyztužená fólie [20]

Impregnované pěny Cortec a bublinkové fólie CorPak se používají pro ochranu přesně opracovaných součástí, a pro vysoce citlivé elektronické komponenty. Chrání produkty před rozbitím a poškozením povrchu. Výplně Cortec VpCI mají dobrou nasákavost a dostanou se do všech prohlubní. Hodí se pro všechny balicí systémy. [20]

### **Prostředky na úpravu kovů Cortec**

Prostředky na úpravu kovů Cortec se vytvářejí ve formě tekutiny nebo gelu a nanášejí se namáčením, stříkáním a natíráním. Pro odstranění rzi se využívá prostředků od společnosti Cortec, jsou na bázi organických chemikálií, které likvidují oxidy a skvrny ze železa, mědi, mosazi a hliníku. [20]

Mezi vysoce účinné nátěry patří nátěr VpCI-368. Jedná se o tekutý prostředek pro venkovní ochranu. Je to jeden z nejkvalitnějších nátěrů. Vytváří dočasnou ochranu pro všechny kovy ve venkovních podmínkách. Zanechává průsvitný voskovaný povrch, který je imunní proti poškrábání. Odstraňuje se pomocí běžných rozpouštědel. [20]



### 3.2 OCHRANNÉ PROSTŘEDKY TECTYL

Ochranné prostředky Tectyl jsou charakteristické vysokou přilnavostí ke kovovým povrchům. Vytváří aktivní ochrannou vrstvu proti korozi. Výrobky Tectyl se používají pro krátkodobou i pro dlouhodobou ochranu. Její funkcí je, aby chránily kovové povrchy před vlivem vlhka, soli a silných žiravin. [21]

Produkty Tectyl mohou mít různé složení. Část produktů je dostupná v nerozpustné nebo voděodolné verzi, vhodné pro podmínky, kde rozpustné produkty nejsou dovoleny z ekologických, zdravotních nebo bezpečnostních důvodů. [21]



*Obrázek č. 17 - Produkty řady Tectyl [21]*



#### 4. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Experimentální práce budou mít následující sled činností:

1. Výběr, příprava a značení zkušebních vzorků
2. Hodnocení povrchu vzorků
  - hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3 (samolepící páskou)
  - stanovení drsnosti povrchu podkladového materiálu dle ČSN EN ISO 4287 (drsnoměr Mitutoyo Surftest – 301)
3. Aplikace Valvoline Tectyl 506 EH
  - nanášení válečkem
  - stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
  - stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
4. Aplikace nátěru VCI-368
  - nanášení štětcem
  - stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
  - stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
5. Aplikace nanoinhibitorního vodou ředitelného laku na bázi akrylátu
  - nanášení stříkáním
  - stanovení tloušťky mokrého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
  - stanovení tloušťky suchého nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808
6. Zkoušky přilnavosti antikorozního systému
  - mřížková zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276-2
  - křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2
7. Korozní zkouška v solné korozní komoře dle ČSN EN ISO 9227
8. Ponorová zkouška dle ČSN 673087
9. Hodnocení povrchu ve vnější atmosféře (reálné prostředí C4 až C5)

## 4.1 POPIS EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

### 4.1.1 VÝBĚR, PŘÍPRAVA A ZNAČENÍ ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ

Na zkušební vzorky se použily dva druhy materiálu.

1. Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla.
2. Vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné.

#### 4.1.1.1 Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla

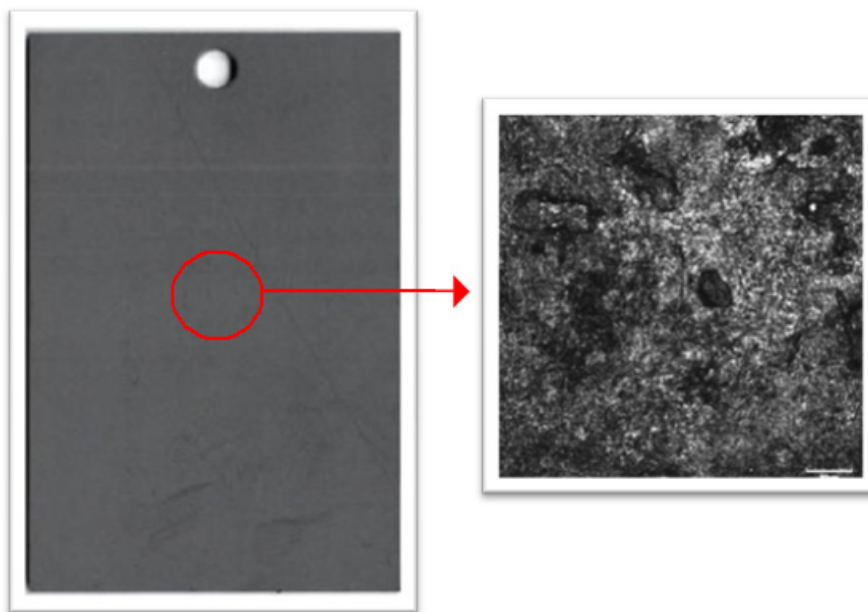
Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T, dodaný firmou VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s., byl nařezán na vzorky o rozměrech 100 x 150 x 3 mm. Tento druh oceli se používá pro zhotovení konstrukcí, které mají odolávat atmosférickým vlivům. Chemické složení je uvedeno v tabulce. Na tyto vzorky jsou aplikovány nátěry Tectyl 506 EH a nátěr VCI-368.

Chemické složení								
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Al	N	Ti
Obsah [%]	0,07	0,21	0,03	0,013	0,01	0,042	0,006	0,06

*Tabulka č. 1 - Chemické složení oceli KOSMALT - E 300T*

Mechanické vlastnosti	
Mez kluzu Re [MPa]	300 - 450
Mez pevnosti v tahu Rm [MPa]	350 - 550
Tažnost A5 [%]	28

*Tabulka č. 2 – Mechanické vlastnosti oceli KOSMALT - E 300T*



**Obrázek č. 18** - Fotodokumentace povrchu vzorku válcovaného,  
vpravo detail povrchu, zvětšeno 200x

#### 4.1.1.2 Vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné

Vzorky Standard jsou dodané firmou LABIMEX CZ s.r.o. Jedná se o vzorky s označením S46 o rozměrech 102 x 152 x 0,8 mm. Vzorky jsou vyrobeny z nízkouhlíkové oceli s označením dle firmy LABIMEX CZ s.r.o. - CRS SAE 1008/1010 a jsou dodávány ve stavu očištěném a odmaštěném. Na tyto vzorky se aplikuje nátěr nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu.

Chemické složení				
Prvek	C	Mn	P	S
Obsah [%]	max. 0,13	0,25-0,60	0,04	0,05

**Tabulka č. 3** - Chemické složení vzorku STANDARD

#### 4.1.1.3 Značení zkušebních vzorků

Vzorky byly označeny dvěma písmeny. První písmeno nám označuje základní materiál vzorků. Druhé písmeno nám udává typ nátěru, který byl na vzorky nanesen. Jednalo se o 3 typy nátěrových systémů.

První písmeno:

- „K“ - Ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla
- „S“ - Vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné

Druhé písmeno:

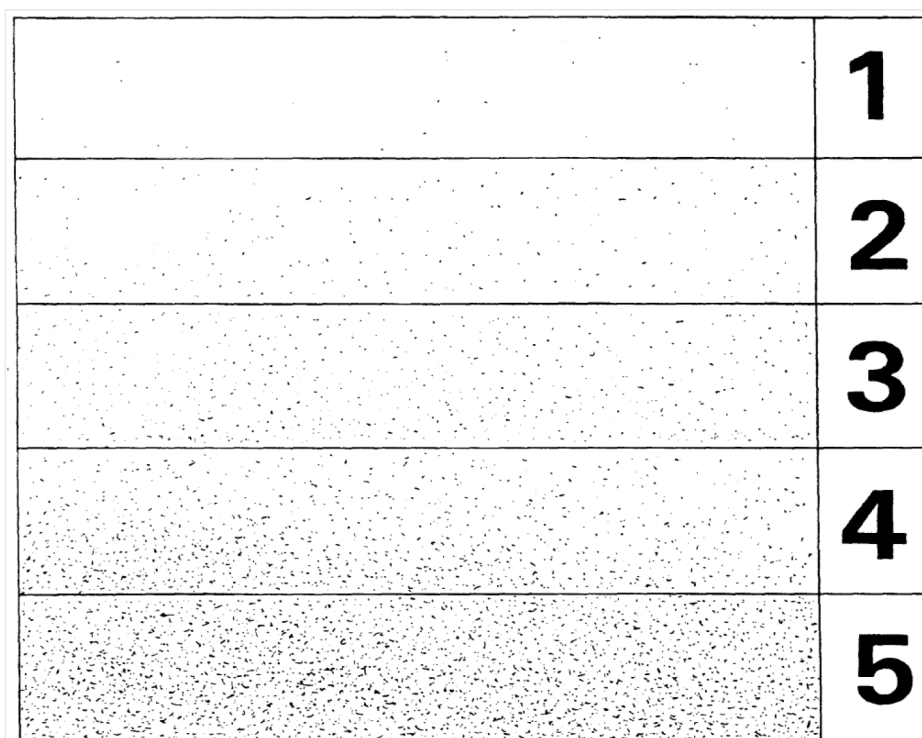
- „T“ – vzorky natřené nátěrem Tectyl 506 EH
- „C“ – vzorky natřené nátěrem VCI-368
- „R“ – vzorky natřené nanoinhibitorovým vodou ředitelným lakem na bázi akrylátu

### 4.2 HODNOCENÍ POVRCHU VZORKŮ

#### 4.2.1 HODNOCENÍ ZAPRÁŠENÍ POVRCHU DLE ČSN ISO 8502-3

Tato norma charakterizuje metodiku stanovení zbytků prachu na očištěném ocelovém povrchu, který je připraven pro aplikaci nátěrů.

Čistota povrchu nám zabezpečuje absenci nežádoucích tuhých ulpělých i vlastních látek. Působí na reologické vlastnosti jako je přilnavost, pórovitost a odolnost proti korozi. K vyhodnocení množství prachu se využívá samolepící adhezivní páska. Páska je přitlačena k ocelovému povrchu a pod úhlem 180° stržena. Sejmutá páska se zachyceným prachem je nalepena na kontrastní podklad. Následně se provádí vizuální hodnocení množství zachyceného prachu a stanovuje se velikost prachových částic. Pomocí obrazové stupnice se stanovuje stupeň zaprášenosti a velikost prachových částic. [22] [23]



*Obrázek č. 19 - Obrazová stupnice odpovídající množství prachu ČSN ISO 8502-3[23]*

TŘÍDA	POPIS PRACHOVÝCH ČÁSTIC
0	Částice neviditelné při zvětšení 10x
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem (obvykle částice menší než 50 $\mu\text{m}$ v průměru)
2	Částice již viditelné prostým okem (obvykle částice mezi 50 $\mu\text{m}$ a 100 $\mu\text{m}$ v průměru)
3	Částice jasně viditelné prostým okem (částice do 0,5 mm v průměru)
4	Částice mezi 0,5 mm až 2,5 mm v průměru
5	Částice větší než 2,5 mm v průměru

*Tabulka č. 4 – Třídy velikosti prachových částic ČSN ISO 8502-3 [23]*

#### 4.2.2 MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU DLE ČSN EN ISO 4287

Drsnost je soubor nerovností povrchu na relativně malé vzdálenosti, které vznikají při výrobě nebo jiným způsobem. Do drsnosti nepatří vady povrchu, tj. náhodné nerovnosti, které se vyskytují jen ojediněle, a které vznikají vadami daného materiálu. [24]

Požadavky na drsnost povrchu jsou vyjadřovány charakteristickou drsností povrchu podle ČSN EN ISO 4287. Důležité parametry:

- $R_{ku}$  – špičatost posuzovaného profilu [-],
- $R_a$  – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_z$  – maximální výška profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_q$  – kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_p$  – největší výška výstupku profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_v$  – největší hloubka prohlubně profilu [ $\mu\text{m}$ ],
- $R_{sk}$  – šikmost posuzovaného profilu [25]

Struktura povrchu je rozdělena na složky podle rozteče příslušných nerovností. Norma ČSN EN ISO 4287 definuje geometrické parametry:

- $R$  pro drsnost povrchu
- $W$  pro vlnitost povrchu
- $P$  pro základní profil [25]

#### 4.3 STANOVENÍ TLOUŠŤKY MOKRÉ VRSTVY NÁTĚRŮ POMOCÍ ZUBOVÝCH MĚREK DLE ČSN EN ISO 2808

Tloušťka nátěru je základní nepřímý indikátor očekávané účinnosti provedené ochrany proti působení vlivů okolní atmosféry.

Významnost, přesvědčivost a způsobilost výpovědi naměřeného údaje tloušťky závisí:

- na druhu povlaku
- na mechanismu jeho ochranného působení [26]

Tloušťka ovlivňuje:

- bariérový efekt povlaku
- jeho bezchybnou celistvost
- pórovitost
- fyzikálně chemické vlastnosti [26]

Metoda mokré stopy:

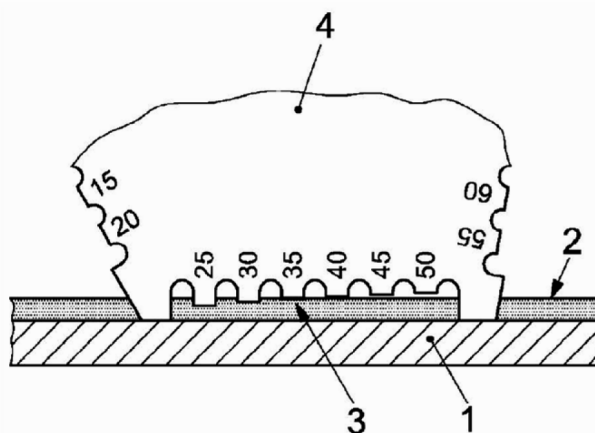
- měření mokrého povlaku
- odvalovací kotouč nebo měřicí pravítko
- je nutno provádět ihned po nanesení nátěrové hmoty - vzhledem k tékání rozpouštědel se tloušťka povlaku rychle mění [26]

Nátěrový systém musí být nanesen na očištěný povrch vzorku. Použitý nátěrový systém musí být namíchán v doporučeném poměru, který stanoví výrobce. [26]

### Popis přístroje

Měřicí hřeben je plochá deska vyrobená z korozně odolného materiálu se zuby okolo okraje. Základní linie je tvořena referenčními zuby, umístěnými v rozích desky, podél které jsou uspořádány vnitřní zuby tak, že tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je popsán odpovídající hodnotou mezery. [29]

Maximální tloušťka, kterou lze měřit měřicími hřebeny je 2000  $\mu\text{m}$ . [29]



**Obrázek č. 20** – Příklad měřicího hřebenu (1 – podklad, 2 – povlak, 3 – bod smočení, 4 – měřicí hřeben) [29]

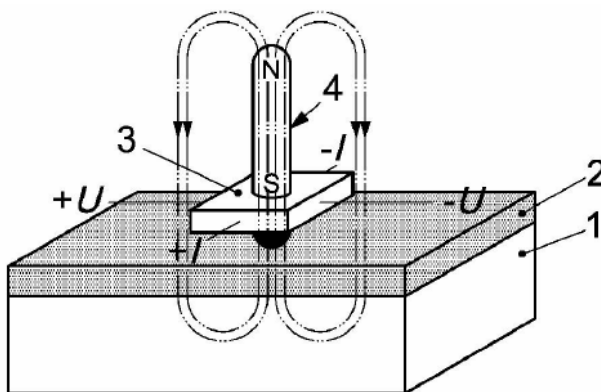


#### 4.4 STANOVENÍ TLOUŠŤKY SUCHÉ VRSTVY NÁTĚRŮ DLE ČSN EN ISO 2808

Po vytvrzení nátěru se provádí stanovení tloušťky suché vrstvy dle ČSN EN ISO 2808.

##### Popis přístroje:

V tomto přístroji je umístěn magnet, sloužící pro stanovení tloušťky povlaku ze změn v magnetickém poli magnetu vyvolaných podkladem. Magnetické pole se měří pomocí Hallovy sondy. [29]



**Obrázek č. 21** – Hallova sonda (1 – podklad, 2 – povlak, 3 – Hallův prvek, 4 – magnet,  $U$  – Hallovo napětí,  $I$  – kontrolní proud) [29]

##### Postup stanovení

Přístroj se umístí kolmo na nátěrový systém. Tloušťka povlaku se odečte přímo ze stupnice nebo se vyřeší dle pokynů tvůrce přístroje. [29]

## **4.5 ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI ANTIKOROZNÍHO SYSTÉMU**

### **4.5.1 ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI MŘÍŽKOVOU METODOU DLE ČSN ISO 16276-2**

Pro hodnocení přilnavosti byla využita mřížková metoda dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409.

Mřížková zkouška žádá, aby nátěrem byla vedena řada vzájemně kolmých a rovnoběžných řezů až k podkladu tak, aby se vytvořily stejné čtverce. Tloušťka nátěrů nám určuje rozestupy jednotlivých řezů a tím i velikost čtverců. Na vytvořené řezy se důkladně přitlačí lepicí páska, kterou se odstraní čtverečky nátěru, které mají v důsledku vytvořených řezů špatnou přilnavost. Výsledek zkoušky je popsán jako číselné hodnocení odpovídající pozorovanému poškození. [27]

Pro zkoušení se využívá obzvláště jednoduchých řezných nástrojů s jedním ostřím a řezných nástrojů s více ostřími. Nástroje s jedním ostřím musí mít ostří  $20^\circ$  až  $30^\circ$  a tloušťka ostří by měla být v rozmezí  $0,43 \pm 0,03$  mm. Nástroj s více ostřími má od sebe vzdálených šest ostří. Individuální vzdálenosti ostří jsou 1 mm, 2 mm a 3 mm.

**Šířka šesti ostří je:**

- 5 mm u nástroje, který má ostří od sebe vzdálená 1 mm
- 10 mm u nástroje, který má ostří od sebe vzdálená 2 mm [28]

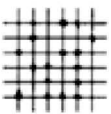
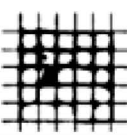
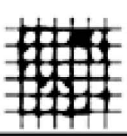
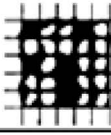
**Vzdálenost jednotlivých řezů:**

- 121  $\mu\text{m}$  až 250  $\mu\text{m}$  – vzdálenost řezů 3 mm, pro tvrdé i měkké podklady
- 61  $\mu\text{m}$  až 120  $\mu\text{m}$  – vzdálenost řezů 2 mm, pro tvrdé i měkké podklady
- Do 60  $\mu\text{m}$  - vzdálenost řezů 2 mm, pro měkké podklady
- Do 60  $\mu\text{m}$  - vzdálenost řezů 1 mm, pro tvrdé podklady [28]

**Postup kontroly probíhá v jednotlivých krocích:**

- v dobrém světle se prozkoumá řezná plocha zkušební povlaku
- při prohlížení je vzorkem otáčeno
- plocha se klasifikuje dle tabulky [28]

V tabulce je uvedeno šest základních klasifikačních stupňů. Pro obecné účely jsou využívány první tři stupně.







Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem, na které se vyskytlo odlupování
0	Hrany řezů jsou hladké, žádný čtverec není poškozen	-
1	Poškození menší než 5%	
2	Povlak se odlupuje podél řezů nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha větší než 5%	
3	Poškození je větší než 15%, ale menší než 35%	
4	Poškozená plocha je větší než 35%, menší než 65%	
5	Stupeň odlupování, který není klasifikovaný ani stupněm 4	-

*Obrázek č. 22 – Klasifikace výsledků mřížkových zkoušek [28]*

#### 4.5.2 ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI KŘÍŽOVÉHO ŘEZU DLE ČSN ISO 16276-2

Metoda křížového řezu vyžaduje, aby daným nátěrovým systémem byly ostrým nástrojem vedeny řezy ve tvaru „X“. Na řezy se silně přitlačí lepicí páska, kterou je odloupen povlak se špatnou přilnavostí. Výsledek zkoušky je znázorněn jako číselné hodnocení odpovídající pozorovanému poškození. [27]

Nástrojem s jedním ostřím se povlakem vede řez ve tvaru „X“. Délka jednotlivých řezů musí být 40 mm. Úhel, který oba řezy svírají, se pohybuje v rozmezí 30° až 45°. Délka lepicí pásky je 75 mm a pevně se přitiskne na řezy a v průběhu 5 minut se stáhne. Křížový řez neomezuje tloušťkou nátěru. [27]

 <p><b>Stupeň 0</b> Žadné odlupování nebo odpadávající nátěr.</p>	 <p><b>Stupeň 1</b> Velmi malé odlupování podél řezů nebo v jejich průsečíku.</p>
 <p><b>Stupeň 2</b> Roztřepeně odlupy podél řezů, v rozsahu maximálně 1,5 mm na každé straně.</p>	 <p><b>Stupeň 3</b> Roztřepeně odlupy podél téměř celé délky řezů, v rozsahu maximálně 3,0 mm na obou stranách.</p>
 <p><b>Stupeň 4</b> Odpadávající nátěr z většiny plochy křížového řezu pod lepicí páskou.</p>	 <p><b>Stupeň 5</b> Odpadávající nátěr v ploše mimo křížový řez.</p>

*Obrázek č. 23 – Hodnocení výsledků křížového řezu [27]*

#### **4.6 KOROZNÍ ZKOUŠKA NÁTĚRŮ V SOLNÉ KOROZNÍ KOMOŘE DLE ČSN EN ISO 9227**

Z výsledků této zkoušky můžeme stanovit odolnost materiálu v přírodní přímořské atmosféře, ve které je rozhodujícím korozním činitelem aerosol mořské vody. Princip zkoušky je založen na vystavení vzorků v uzavřeném prostoru při působení vysoké relativní vlhkosti a zvýšené teplotě. Oproti zkoušce v kondenzační komoře je zde navíc současný účinek rozprašované mlhy vodního roztoku chloridu sodného. Výsledkem je stupeň korozního napadení v časových intervalech. [3]

Komora musí zajistit, že budou splněny podmínky rovnoměrného rozdělení mlhy. Horní části komory musí být sestrojeny tak, aby kapky rozprašeného roztoku, které se utvoří na jejich povrchu, nestékaly na vzorky. [30]

##### **Doba trvání zkoušky**

Doporučené doby expozice jsou:

- 2 h, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h a 1 000 h.

V průběhu stanovené doby zkoušky se rozprašování nesmí přerušit. Komora se otevírá pouze ke krátké vizuální kontrole vzorků beze změny jejich polohy a pro doplnění solného roztoku do zásobníku. [30]

##### **Zpracování vzorků po zkoušce**

Po stanoveném čase se vzorky vyjmou z komory a před opláchnutím se nechají 0,5 hodin až 1 hodinu oschnout, aby se zamezilo nebezpečí odstranění korozních zplodin. Před vyhodnocením se z povrchu daného vzorku odstraní pozůstatky rozprašeného roztoku. Vhodnou metodou je oplach nebo ponor zkušebních vzorků do čisté tekoucí vody o teplotě do 40 °C, po kterém následuje osušení proudem vzduchu o tlaku nepřesahujícím 200 kPa ze vzdálenosti 300 mm. [30]

##### **Vyhodnocení výsledků**

K vyhodnocení výsledků zkoušky lze použít mnoho různých kritérií např.:

- tvar po zkoušce
- vzhled po odstranění povrchových korozních zplodin
- počet a rozložení korozních poškození



- čas, který uplynul do objevení se prvních známek koroze
- odchylka hmotnosti
- změny zjištěné mikroskopicky
- přeměna mechanických vlastností [30]

#### 4.7 PONOROVÁ ZKOUŠKA DLE ČSN 673087

Norma platí pro zkoušení schopnosti chránit podkladový kov proti podkorodování v místě poškození v definovaném prostředí. [31]

Použitý postup je určen pro nátěry na oceli a postup vychází z vystavení zkušebních vzorků působením okyseleného roztoku chloridu sodného za přídavku peroxidu vodíku. Neúprosnost zkoušky je stanovena počtem cyklů. Obvykle se předepisují 1 až 3 cykly. Pro každý jednotlivý cyklus se musí použít roztok vždy čerstvý. [31]

**Zkouška se provádí v cyklech, přičemž jeden cyklus odpovídá době:**

- 16 hodin

**Pro zkoušku se připraví roztok:**

- Chlorid sodný
  - 50g
- Kyselina octová (100% p.a.)
  - 10 ml
- Peroxid vodíku (30% p.a.)
  - 5 ml
- Destilovaná voda do 1 000 ml
- pH
  - 2,6 až 3,0 [34]
- Teplota zkušebních roztoků
  - $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  [31]

#### **Zkušební zařízení**

Sestavení zkušebního zařízení se nenormalizuje. Je možno použít jakékoli zkušební zařízení, které splní podmínky stanovené postupy. [31]



V zápise o zkoušce se uvede:

- druh podkladového kovu
- stav povrchu základního kovu a jeho úprava pod daným nátěrem
- popis nátěru
- tloušťka nátěru
- označení použitého postupu
- číslo normy
- počet zvolených cyklů
- zkoušky a způsob vyhodnocení [31]

#### **4.8 KOROZNÍ ZKOUŠKY V ATMOSFÉŘE**

Zkoušky slouží ke zjišťování korozní odolnosti materiálu a povrchových úprav v různých typech atmosfér. Zkoušky se provádí na stojanech, při jejichž výrobě musí být dodrženy tyto pravidla:

- vzorky musí být otočeny proti jihu a odkloněny od vodorovné roviny o  $45^\circ$
- zadní plocha zkušebního vzorku musí být volná
- vzorky musí být přichyceny na rámu úchytkami z nekovových materiálů, musí být systematicky uloženy tak, aby byl vyloučen styk vzorku a stékání korozních zplodin na spodní vzorky
- spodní řada vzorků musí být vzdálená od země 50 cm, aby nedošlo ke znečištění vzorků při dešti
- stojan nesmí být zakrýván předměty, které by stínily vzorky před sluncem
- stojan a rám musí být bezpečně zajištěny proti posunutí a pootočení [3]

V průběhu korozní zkoušky jsou zakázány úpravy povrchů, jedinou výjimkou je očištění povrchů vzorků určených výhradně pro vizuální kontrolu. Hodnocení se provádí pomocí váhových změn. [3]



## 5. PROVEDENÍ A VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

### 5.1 HODNOCENÍ POVRCHU VZORKŮ

#### 5.1.1 HODNOCENÍ ZAPRÁŠENÍ POVRCHU DLE ČSN ISO 8502-3

Před aplikací nátěrových hmot na povrch vzorků byla dle normy ČSN ISO 8502-3 stanovena hodnota zaprášení povrchu. Norma nám popisuje správný postup a metodiku při stanovení zbytků prachu na očištěném ocelovém povrchu.

K vyhodnocení množství prachu na povrchu vzorku byla použita samolepicí adhezní páska, která se přilepí na daný povrch. Páska je k povrchu přitlačena a pomalým pohybem pod úhlem 180° stržena z povrchu zkoumaného vzorku. Tato páska se nalepí na kontrastní papír z důvodu zřetelnějšího vyhodnocení. V našem případě byl použit čistý bílý papír a za pomoci lupy se vyhodnotí množství zachyceného prachu na pásce a velikost prachových částic. Zjištěné hodnoty se porovnají s referenční tabulkou a stanoví se množství prachu a velikost prachových částic na povrchu vzorku. Každé měření bylo u jednotlivých vzorků provedeno třikrát.

Pomocí obrazové stupnice byl stanoven stupeň zaprášení a velikost prachových částic.

PARAMETRY	VELIKOST PRACHOVÝCH ČÁSTIC	STUPEŇ ZAPRÁŠENÍ
VÝSLEDKY PRO KOSMALT - E 300T	2	3

**Tabulka č.5 - Vyhodnocení vzorků KOSMALT - E 300T**

PARAMETRY	VELIKOST PRACHOVÝCH ČÁSTIC	STUPEŇ ZAPRÁŠENÍ
VÝSLEDKY PRO VZOREK STANDARD	1	1

**Tabulka č.6 - Vyhodnocení vzorků STANDARD**



### 5.1.2 STANOVENÍ DRSNOSTI POVRCHU PODKLADOVÉHO MATERIÁLU DLE ČSN EN ISO 4287

Dle ČSN EN ISO 4287 byla před aplikací nátěrových hmot změřena drsnost základních materiálů.

Měření se provádělo na dotykovém profilometru SURFTEST 301 od firmy Mitutoyo, který je zachycen na obrázku č. 24. Dotykový profilometr Surf test 301 umí vyhodnotit povrchové textury s různými parametry. Získané hodnoty tento přístroj zobrazí na digitální dotykové obrazovce. Na zkoumaných vzorcích bylo měření provedeno 10x a to jak v příčném, tak v podélném směru. Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulek a byla stanovena jejich průměrná hodnota. Jednotlivé obrázky popisují v grafické formě hodnoty drsnosti profilu vzorků.



**Obrázek č. 24** – Dotykový profilometr Surf test 301[32]

#### 5.1.2.1 Vyhodnocení drsnosti na vzorku KOSMALT - E 300T

Nastavení přístroje Mitutoyo Surf test SJ-301

- měření probíhalo dle ISO 1997

Popis jednotlivých značek:

- $\lambda_c$  - filtr profilu, který vymezuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- L - délka měřeného úseku

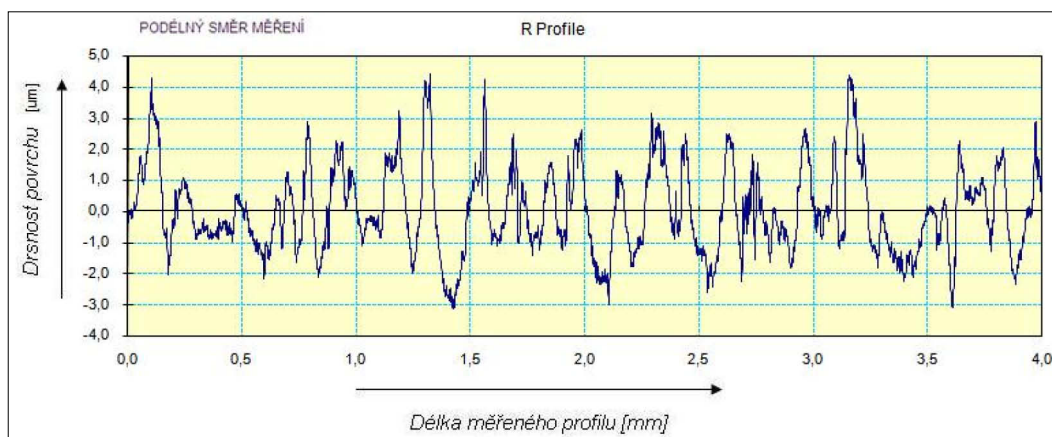


WORK NAME	MEASURING TOOL	STANDARD	PROFILE	RANGE
Sample	SurfTest SJ-301	ISO 1997	R	Auto
OPERATOR	COMMENT	L	$\lambda c$	FILTER
Mitutoyo	Ver 2.1	5	0,8 mm	GAUSS

*Tabulka č.7 - Parametry nastavení drsnoměru Mitutoyo SurfTest SJ-301 pro podkladový materiál KOSMALT – E 300T – válcovaný*

→	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU – VÁLCOVANÝ							
Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	1,13	7,06	1,45	4,05	3,01	0,61	3,69	0,808
2	1,16	7,23	1,49	4,33	2,89	0,79	3,61	0,809
3	0,97	6,62	1,25	4,09	2,53	0,75	4,29	0,807
4	0,99	6,01	1,26	3,77	2,23	0,89	3,54	0,807
5	1,42	7,40	1,77	4,35	3,05	0,85	3,06	0,809
6	1,30	6,55	1,56	3,90	2,64	0,67	2,56	0,808
7	1,39	7,14	1,72	4,24	2,90	0,72	2,71	0,808
8	1,34	7,06	1,66	4,05	3,01	0,51	2,76	0,806
9	1,16	7,05	1,43	4,18	2,88	0,76	3,16	0,809
10	1,12	6,61	1,38	3,80	2,80	0,51	2,92	0,808
MIN	0,97	6,01	1,25	3,77	2,23	+	2,56	0,806
MAX	1,42	7,4	1,77	4,35	3,05	+	4,29	0,809
Průměrné hodnoty	1,20	6,87	1,50	4,08	2,79	+	3,23	0,808

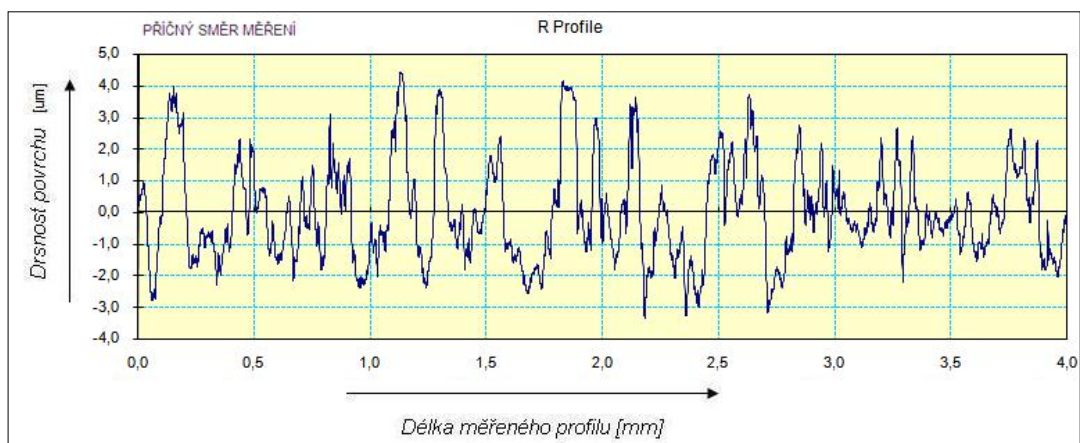
*Tabulka č.8 - Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný, měřeno v podélném směru*



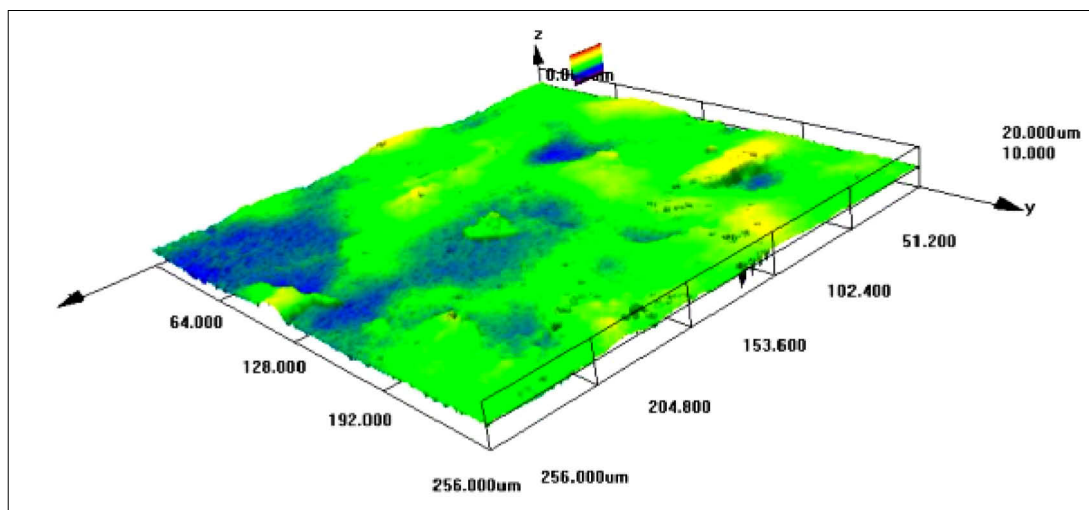
**Obrázek č. 25** - Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 na podkladovém materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný (podélný směr měření)

↓ Počet měření	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU – VÁLCOVANÝ							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	1,46	7,55	1,79	3,81	3,75	0,31	2,50	0,812
2	1,32	7,23	1,65	4,28	2,95	0,70	2,87	0,810
3	1,39	7,48	1,70	4,23	3,24	0,57	2,65	0,809
4	1,40	7,52	1,73	4,29	3,23	0,72	3,03	0,810
5	1,26	7,06	1,53	3,71	3,35	0,33	2,53	0,809
6	1,21	6,42	1,50	3,85	2,56	0,57	2,62	0,808
7	1,27	6,69	1,54	3,98	2,71	0,56	2,68	0,809
8	1,48	7,45	1,82	4,56	2,90	0,81	2,73	0,812
9	1,25	6,25	1,54	3,77	2,48	0,62	2,88	0,808
10	1,25	6,56	1,55	3,56	2,79	0,52	2,91	0,808
MIN	1,21	6,25	1,5	3,56	2,48	+	2,5	0,808
MAX	1,48	7,55	1,82	4,56	3,75	+	3,03	0,812
Průměrné hodnoty	1,33	7,02	1,64	4,01	2,99	+	2,74	0,810

**Tabulka č.9** - Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný, měřeno v příčném směru



**Obrázek č. 26 -** Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 na podkladovém materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný (příčný směr měření)

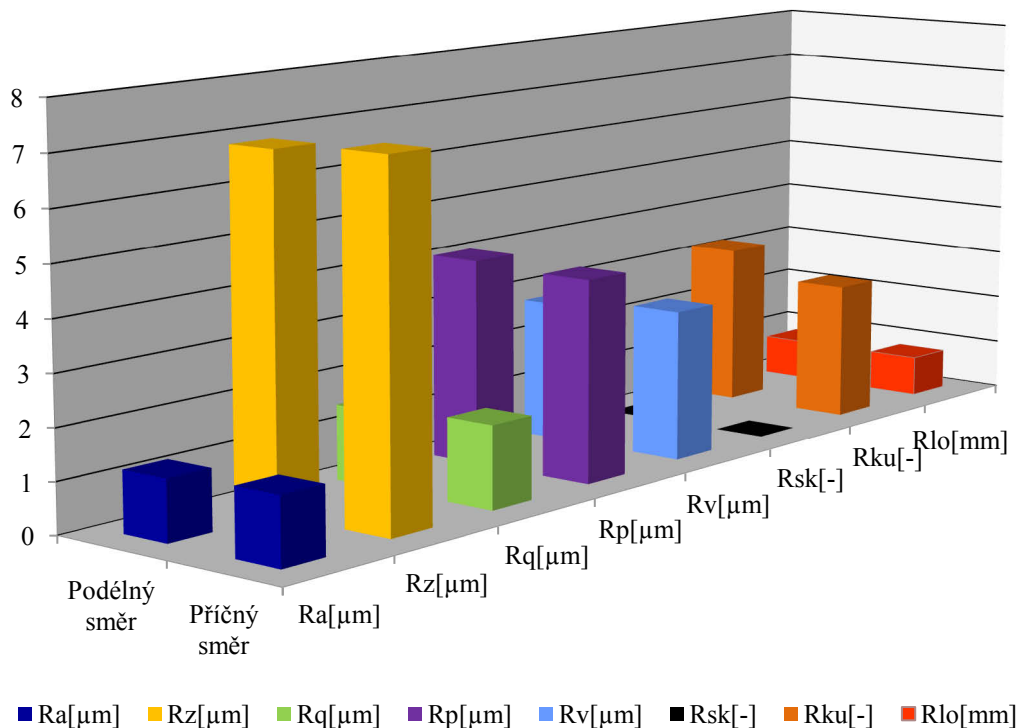


**Obrázek č.27 -** 3D rekonstrukce obrazu drsnosti na válcovaném povrchu pomocí laserového konfokálního řádkovacího mikroskopu

	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	Rq[ $\mu\text{m}$ ]	Rp[ $\mu\text{m}$ ]	Rv[ $\mu\text{m}$ ]	Rsk[-]	Rku[-]	Rlo[mm]
Průměrné hodnoty (podélný směr) →	1,20	6,87	1,50	4,08	2,79	+	3,23	0,808
Průměrné hodnoty (příčný směr) ↓	1,33	7,02	1,64	4,01	2,99	+	2,74	0,810

**Tabulka č. 10 - Tabulka průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný, měřeno v podélném a příčném směru**

#### Průměrné hodnoty parametrů drsnosti vzorku KOSMALT-E300T



**Graf č. 1 - Znázornění průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu KOSMALT – E 300T – válcovaný, měřeno v podélném a příčném směru**



### 5.1.2.2 Vyhodnocení drsnosti na vzorku STANDARD

Nastavení přístroje Mitutoyo SurfTest SJ-301

- měření probíhalo dle ISO 1997

Popis jednotlivých značek:

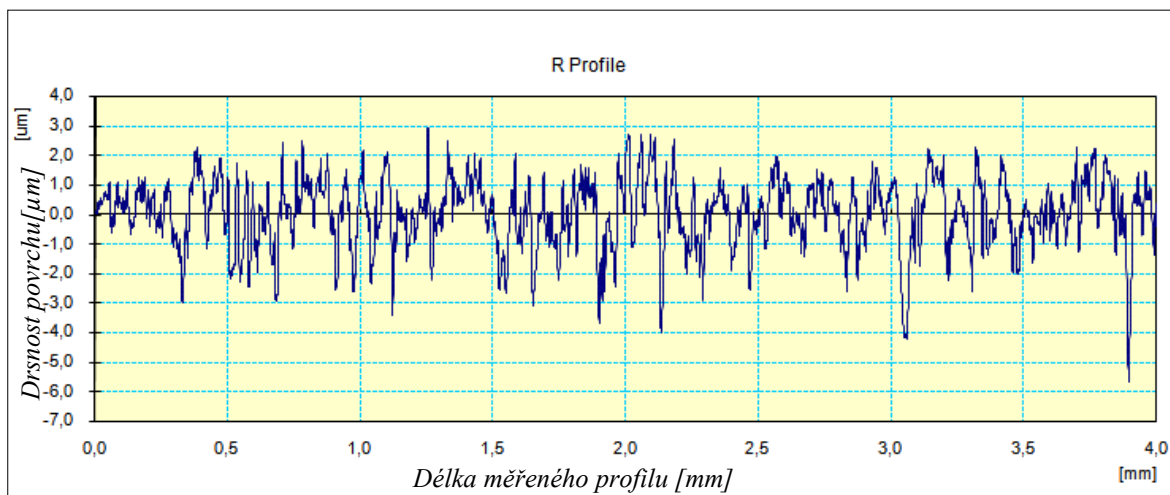
- $\lambda_c$  - filtr profilu, který vymezuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti
- L - délka měřeného úseku

WORK NAME	MEASURING TOOL	STANDARD	PROFILE	RANGE
Sample	SurfTest SJ-301	ISO 1997	R	Auto
OPERATOR	COMMENT	L	$\lambda_c$	FILTER
Mitutoyo	Ver 2.1	5	0,8 mm	GAUSS

***Tabulka č.11 - Parametry nastavení drsnoměru Mitutoyo SurfTest SJ-301 pro podkladový materiál STANDARD***

→	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU – BROUŠENÝ							
Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	0,24	2,75	0,33	2,01	0,74	1,25	19,92	0,803
2	0,13	1,22	0,18	0,79	0,42	0,19	9,20	0,801
3	0,22	1,28	0,29	0,76	0,52	0,60	3,63	0,801
4	0,22	1,37	0,29	0,76	0,62	0,19	3,02	0,801
5	0,25	2,11	0,33	1,41	0,70	0,44	6,29	0,801
6	0,16	1,44	0,21	0,89	0,55	0,74	5,35	0,801
7	0,26	1,65	0,34	0,73	0,92	-	3,45	0,801
8	0,24	1,66	0,29	1,03	0,63	0,43	4,20	0,801
9	0,60	3,29	0,76	1,72	1,57	0,19	2,94	0,802
10	0,34	2,07	0,43	1,08	0,98	-	2,93	0,801
MIN	0,13	1,22	0,18	0,73	0,42	+	2,93	0,801
MAX	0,6	3,29	0,76	2,01	1,57	+	19,92	0,803
Průměrné hodnoty	<b>0,27</b>	<b>1,88</b>	<b>0,35</b>	<b>1,12</b>	<b>0,77</b>	+	<b>6,09</b>	<b>0,801</b>

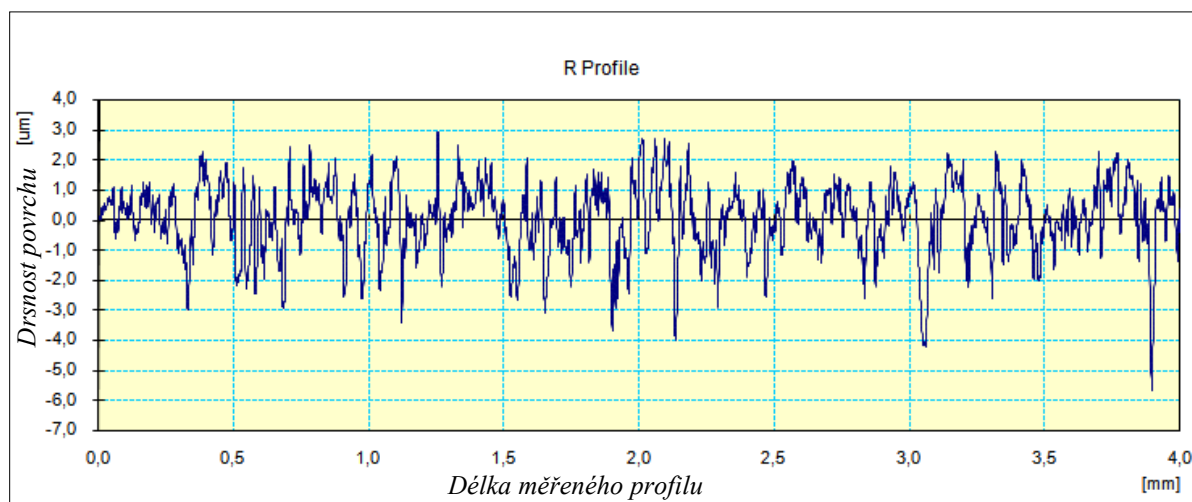
*Tabulka č.12 - Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu STANDARD – broušený, měřeno v podélném směru*



*Obrázek č. 28 - Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 na podkladovém materiálu STANDARD – broušený (podélný směr měření)*

↓	PARAMETRY DRSNOSTI VZORKU – BROUŠENÝ							
Počet měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [-]	Rku [-]	Rlo [mm]
1	0,81	7,10	1,06	2,90	4,20	-	4,49	0,820
2	0,89	6,22	1,14	2,51	3,72	-	3,46	0,819
3	0,82	6,74	1,07	2,90	3,85	-	3,91	0,818
4	0,86	6,69	1,09	3,00	3,69	-	3,77	0,820
5	0,88	6,05	1,12	2,28	3,77	-	3,56	0,818
6	0,92	7,06	1,17	2,58	4,48	-	4,07	0,823
7	1,03	7,53	1,33	2,74	4,80	-	4,12	0,825
8	0,96	8,04	1,24	3,05	4,99	-	4,79	0,823
9	0,93	6,28	1,16	2,74	3,54	-	3,11	0,821
10	0,84	6,55	1,08	2,71	3,84	-	3,81	0,821
MIN	0,81	6,05	1,06	2,28	3,54	-	3,11	0,818
MAX	1,03	8,04	1,33	3,05	4,99	-	4,79	0,825
Průměrné hodnoty	0,89	6,79	1,15	2,74	4,09	-	3,91	0,821

*Tabulka č.13 - Tabulka hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu STANDARD – broušený, měřeno v příčném směru*



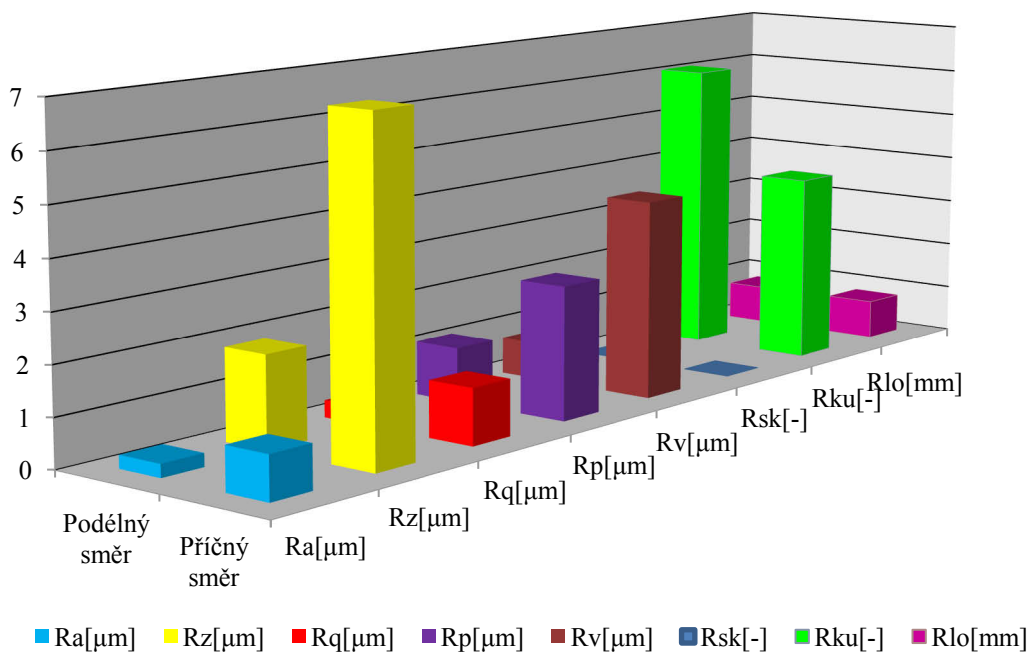
*Obrázek č. 29 - Grafický záznam profilu drsnosti z přístroje Mitutoyo Surftest SJ-301 na podkladovém materiálu STANDARD – broušený (příčný směr měření)*



	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	Rq[ $\mu\text{m}$ ]	Rp[ $\mu\text{m}$ ]	Rv[ $\mu\text{m}$ ]	Rsk[-]	Rku[-]	Rlo[mm]
<b>Průměrné hodnoty</b> <b>(podélný směr)</b> <b>→</b>	0,27	1,88	0,35	1,12	0,77	+	6,09	0,801
<b>Průměrné hodnoty</b> <b>(příčný směr)</b> <b>↓</b>	0,89	6,79	1,15	2,74	4,09	-	3,91	0,821

**Tabulka č. 14 - Tabulka průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu STANDARD - broušený, měřeno v podélném a příčném směru**

### Průměrné hodnoty parametrů drsnosti na vzorku STANDARD



**Graf č. 2 - Znáznornění průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu STANDARD – broušený, měřeno v podélném a příčném směru**

## 5.2 APLIKACE NÁTĚRŮ NA VZORKY

Na základní materiály:

- ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla
- STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné

byly nanесeny vhodnou metodou zvolené nátěrové systémy. Nátěrový systém byl nanесen na očištěný povrch vzorku. Zkoumané nátěrové systémy musí být namíchány v doporučeném poměru, který stanovuje výrobce.

### 5.2.1 APLIKACE VALVOLINE TECTYL 506 EH

Valvoline Tectyl 506 EH, je vosková, antikoroziční látka. Využívá se pro ochranu vozidel, strojního zařízení a součástí na skladě. Maximální účinnost bude dosažena za splnění těchto požadavků:

- povrch bude čistý, suchý a zbaven rzi
- teplota ošetřované plochy 10-35°C
- odstranění olejových skvrn, kovových šupin

Na ocelový plech Kosmalt – E 300T byl nanесen nátěr Valvoline Tectyl 506 EH pomocí válečku. Aplikace válečkem je rychlejší, avšak je zde vyšší spotřeba materiálu oproti metodě nanášení štětcem. Dle požadované tloušťky vrstvy, byla zvolena vhodná velikost válečku. Nátěr byl na základní materiál nanесen ve dvou vrstvách, kdy nanесení druhé vrstvy bylo prováděné po vytvrzení první vrstvy. Toto vytvrzení je ovlivněno teplotou v dané místnosti. Při 25°C je doba schnutí  $\pm 24$  hodin.

### 5.2.2 APLIKACE NÁTĚRU VCI - 368

Nátěr VCI – 368 zanechává pevný voskový povlak. Je vhodný pro ochranu potrubí, při skladování materiálu, chránění ocelových lan a desek. Nátěr VCI – 368 byl nanесen pomocí štětce na podkladový materiál Kosmalt – E 300T.

Aplikací štětcem se dosahuje vytvoření velmi kvalitní nátěrové hmoty. Velkou výhodou jsou malé ztráty. Tato metoda vyžaduje velkou soustředěnost a svědomitost natěrače. Doba schnutí je ovlivněna prouděním vzduchu a vlhkostí. Časový rozsah schnutí se pohybuje v intervalu 12-24 hodin.

### 5.2.3 APLIKACE NANOINHIBITOROVÝM VODOU ŘEDITELNÝM LAKEM NA BÁZI AKRYLÁTU

Nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu byl nanesen metodou stříkání na základní materiál. Podkladový materiál zde byl STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Tyto vzorky byly očištěné a odmaštěné.

Nanášení nátěrových hmot stříkáním se dosahuje rovnoměrného nástřiku a hladkého povrchu. Tato metoda byla vhodná, protože aplikovaný nátěrový systém byl řidší konzistence. Nevýhodou zde byla velká spotřeba nátěrového systému.



*Obrázek č. 30 – Ukázka aplikovaných nátěrů na základní materiály*

### 5.3 STANOVENÍ TLOUŠŤKY MOKRÉ VRSTVY NÁTĚRŮ POMOCÍ ZUBOVÝCH MĚREK DLE ČSN EN ISO 2808

Tloušťka mokré vrstvy se měřila v průběhu nanášení jednotlivých nátěrů. Tato zkouška se provádí za účelem dosažení správných a požadovaných ochranných účinků nátěrového systému, které jsou ovlivněny právě tloušťkou povlaku.

Měřicím zařízením je měřicí hřebenová měrka. Měrka je plochá deska vyrobená z korozně odolného materiálu se zuby okolo okraje. Základní linie je tvořena referenčními zuby umístěnými v rozích desky, podél které jsou uspořádány vnitřní zuby tak, že tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je popsán odpovídající hodnotou mezery.

Tloušťka nanášeného mokrého filmu se kontroluje pomocí hřebenové měrky dle ČSN EN ISO 2808. Pro kontrolu byla použita hřebenová měrka od firmy Gamin s.r.o.



*Obrázek č. 31 – Hřebenová měrka od firmy Gamin s.r.o. (rozsah 25-2000μm)*

TYP VZORKU	PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA MOKRÉ VRSTVY
	[μm]
„KT“	420
„KC“	33
„SR“	270

*Tabulka č. 15 – Hodnoty tloušťek mokré vrstvy u jednotlivých nátěrů*

**PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA MOKRÉ VRSTVY**

**Graf č.3 -** Znáznornění průměrné tloušťky mokré vrstvy na vzorcích

#### **5.4 STANOVENÍ TLOUŠŤKY SUCHÉ VRSTVY NÁTĚRŮ DLE ČSN EN ISO 2808**

Po vytvrzení nátěrů, dle doby stanovené výrobcem, byla provedena kontrola tloušťky suché vrstvy. Pro stanovení tloušťky suché vrstvy nátěrového filmu byla použita nedestruktivní metoda.

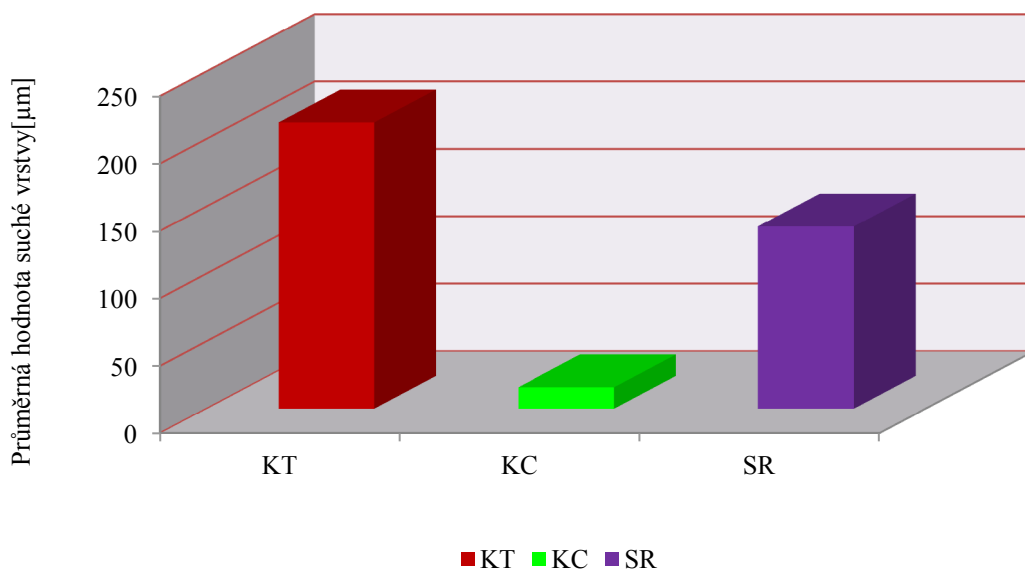
Měření tloušťky suchého nátěrového systému se provádí na různých místech vzorku. Pro určení tloušťky nátěru aplikovaného na zkušební vzorek byl použit digitální přístroj ELCOMETER 456. Toto zařízení pracuje na principu přijímání odražených magnetických vln od kovového povrchu. Hodnota se objeví na displeji hned po dotknutí čidla měřeného povrchu. Na každém vzorku bylo měření provedeno 10x. Výsledky měření byly zaznamenány, zprůměrovány a zpracovány do tabulek a grafů.



*Obrázek č. 33 - ELCOMETRE 456 (rozsah 0-1500  $\mu\text{m}$ )[33]*

NAMĚŘENÁ TLOUŠŤKA SUCHÉHO NÁTĚROVÉHO FILMU			
[ $\mu\text{m}$ ]			
TYP VZORKU	„KT“	„KC“	„SR“
1	220	14,1	156
2	206	13,5	90,3
3	214	20,4	116
4	207	15,0	90,1
5	206	18,4	180
6	229	18,0	135
7	199	15,8	108
8	208	16,0	150
9	231	12,2	133
10	202	15,4	192
Ø	212,2	15,88	135,04

*Tabulka č. 16 – Hodnoty tloušťek suché vrstvy u jednotlivých nátěrů*

**Průměrná tloušťka suchého nátěrového filmu*****Graf č.4 - Znázornění průměrné tloušťky suché vrstvy na vzorcích***

## **5.5 ZKOUŠKY PŘILNAVOSTI ANTIKOROZNÍHO SYSTÉMU**

### **5.5.1 ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI MŘÍŽKOVOU METODOU DLE ČSN ISO 16276-2**

Pro hodnocení přilnavosti jednotlivých nátěrů jsme použili mřížkovou metodu dle ČSN ISO 16276-2. Tímto způsobem byla určena přilnavost těchto nátěrů k podkladovému materiálu:

- nátěr Valvoline Tectyl 506 EH
- nátěr VCI-368
- nanoihibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu

#### **Pomůcky a prostředky potřebné k provedení mřížkové zkoušky:**

- vodící šablona na mřížkovou zkoušku
- jednobřitý řezný nástroj
- průhledná samolepící páska šíře 50 mm
- měkký štětec
- lupa
- kontrastní papír

Správnost provedení zkoušky závisí na vhodném sledu potřebných operací. Nejprve byla zkoušena plocha prohlédnuta v dobrém světle. Poté pomocí řezného nástroje a vodící šablony byly zhotoveny řezy do nátěrových systémů. Nástrojem se provedlo nejdříve šest rovnoběžných řezů a poté došlo k otočení šablony o 90° a vytvoření řezů kolmo na předešlé. Řezy musí proniknout až na základní materiál. Povrch vzniklé mřížky byl očištěn pomocí měkkého štětce. Na vytvořené řezy se důkladně přilepila samolepící páska o šíři 50 mm. Páska byla na zkoumaný povrch přitlačena a uhlazena prsty, pro docílení dobrého kontaktu s nátěrem. Pod úhlem 60° byla samolepící páska strhnuta z povrchu a nalepena na kontrastní podklad. Poté byla zkouška vizuálně zhodnocena. Klasifikace byla provedena dle ČSN ISO 1627-2, která se odkazuje na ČSN ISO 2409.

Tloušťka nátěrů nám stanovuje rozestupy jednotlivých řezů a tím i velikost čtverců. Pro jednotlivé nátěry byla vzdálenost řezů zaznamenána v tabulce č. 17.

TYP VZORKU	PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA SUCHÉ VRSTVY [μm]	VZDÁLENOST ŘEZŮ [mm]
„KT“	212,2	3
„KC“	15,88	1
„SR“	135,04	3


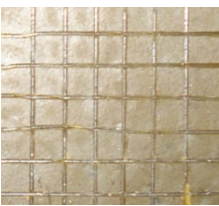
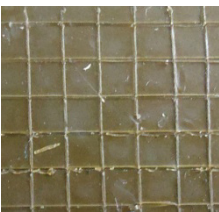
*Tabulka č. 17 – Vzdálenost řezů pro jednotlivé typy vzorků*





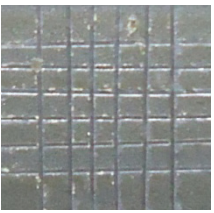
*Obrázek č. 34 – Použité vodící šablony na mřížkovou zkoušku*



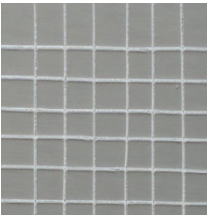
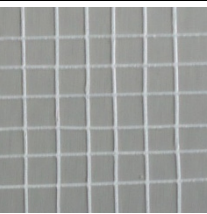
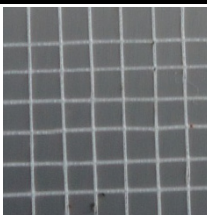
Vyhodnocení poškození nátěrů a jejich fotodokumentace.

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KT“		0
„KT“		0
„KT“		0

*Tabulka č. 18 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „KT“*

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KC“		0
„KC“		0
„KC“		0

*Tabulka č. 19 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „KC“*

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„SR“		0
„SR“		0
„SR“		0

**Tabulka č. 20 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „SR“**

Tato zkouška nám stanovuje kvalitu adheze nátěrového systému k povrchu základního materiálu. Měření bylo na každém nátěru provedeno třikrát a pak byla stanovena průměrná hodnota. Všechny nátěry vykazují velmi dobrou adhezni schopnost. A fotodokumentace ukazuje, že hrany řezů jsou hladké a žádný čtverec není poškozen.

VZOREK	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KT“	0
„KC“	0
„SR“	0

**Tabulka č. 20 – Vyhodnocení poškození nátěrů u všech vzorků**



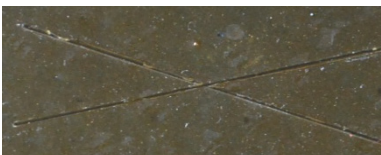
### 5.5.2 ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI KŘÍŽOVÉHO ŘEZU DLE ČSN ISO 16276-2

#### Pomůcky a prostředky potřebné k provedení zkoušky přilnavosti:

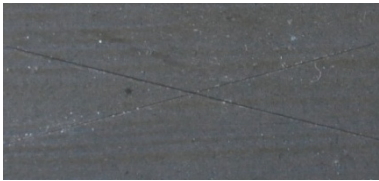
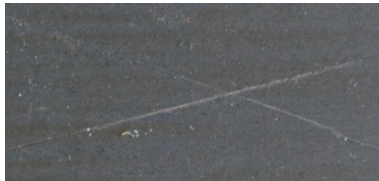

- vodící šablona na zkoušku přilnavosti křížového řezu
- jednobřitý řezný nástroj
- průhledná samolepící páska šíře 50 mm
- měkký štětec
- kontrastní papír

Na jednotlivé nátěrové systémy byly řezným nástrojem vytvořeny řezy ve tvaru „X“, měkkým štětcem byly odstraněny nečistoty z povrchu vzorků. Lepicí páska byla přitlačena na vzniklé řezy. Po pěti minutách došlo k jejímu strhnutí a nalepení na kontrastní papír. Výsledkem je odloupnutý povlak, který má špatnou přilnavost vůči základnímu materiálu.

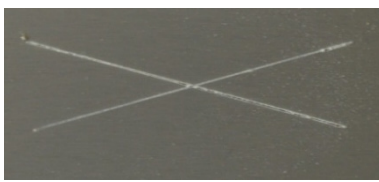
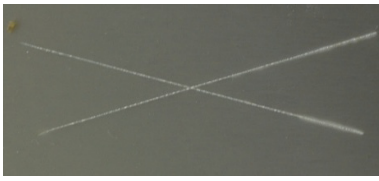
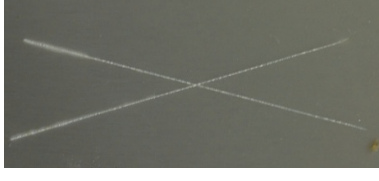
Výsledky a jejich fotodokumentace byly klasifikovány dle normy ČSN ISO 16276-2.

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KT“		0
„KT“		0
„KT“		0

*Tabulka č. 21 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „KT“*

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KC“		0
„KC“		0
„KC“		0

*Tabulka č. 22 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „KC“*

VZOREK	FOTODOKUMENTACE	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„SR“		0
„SR“		0
„SR“		0

*Tabulka č. 23 – Vyhodnocení poškození nátěrů u vzorků „SR“*

Všechny nátěrové systémy dopadly velmi dobře. Nedocházelo k žádnému odlupování nebo odpadávání nátěrů. Na každém povlaku byly provedeny tři křížové řezy a hodnoty byly zprůměrovány.

VZOREK	STUPEŇ POŠKOZENÍ
„KT“	0
„KC“	0
„SR“	0

*Tabulka č. 24 – Vyhodnocení poškození nátěrů u všech vzorků*

### 5.3 KOROZNÍ ZKOUŠKA V SOLNÉ KOMOŘE DLE ČSN EN ISO 9227

Korozní zkouška byla provedena v solné korozní komoře LIEBISCH S400 M-TR. Zkouška v solné komoře je jedna z nejpoužívanějších a nejmodernějších v oblasti hodnocení korozní odolnosti. Postup zkoušky byl dodržován dle normy ČSN EN ISO 9227 a vyhodnocení se provedlo dle normy ČSN EN ISO 4628.

Před vložením vzorků do korozní komory, došlo k oblepení jejich okrajů lepicí páskou. Tato operace zabraňuje primárnímu vzniku koroze.

Do korozní komory bylo vloženo 6 vzorků s nanesenými nátěry. Z každého druhu nátěru byly dva vzorky a na jednom z nich byl řezným nástrojem vytvořen vertikální řez o délce 70 mm. Hloubka toho řezu musí být až na podklad substrátu. Zkoumané vzorky byly před vložením do solné komory přehledně označeny.

#### **Provozní podmínky solné komory LIEBISCH S400 M-TR:**

- Tlak vody 2,5 až 3 bar
- Tlak vzduchu 3 až 4 bar
- Průtok vody 0,45l/hod
- Teplota navlhčovače 55°C
- Teplota prostředí  $35 \pm 2$  °C



- Vlhkost 100 %
- Solná mlha – 5 % neutrální vodní roztok NaCl [30]

**Vzorky byly sledovány po cyklech:**

- 0 hodin
- 8 hodin
- 24 hodin
- 48 hodin
- 72 hodin

Zkoumané vzorky byly v jednotlivých cyklech fotograficky dokumentovány. Pozorované nátěrové systémy slouží jako krátkodobá korozní ochrana. V tabulce č. 25 je uveden návrh výpočtu korozní odolnosti v prostředí C5 pro krátkodobou ochranu. Tato doba je rovna 72 hodinám expozice povlaku v solné komoře.

KOROZNÍ ODOLNOST	
SIMULOVANÁ DOBA V KOROZNÍ KOMOŘE	REALITA - SKUTEČNOST
720 h	cca 10 let
72 h	cca 1 rok
6 h	cca 1 měsíc

*Tabulka č. 25 – Návrh výpočtu korozní odolnosti*

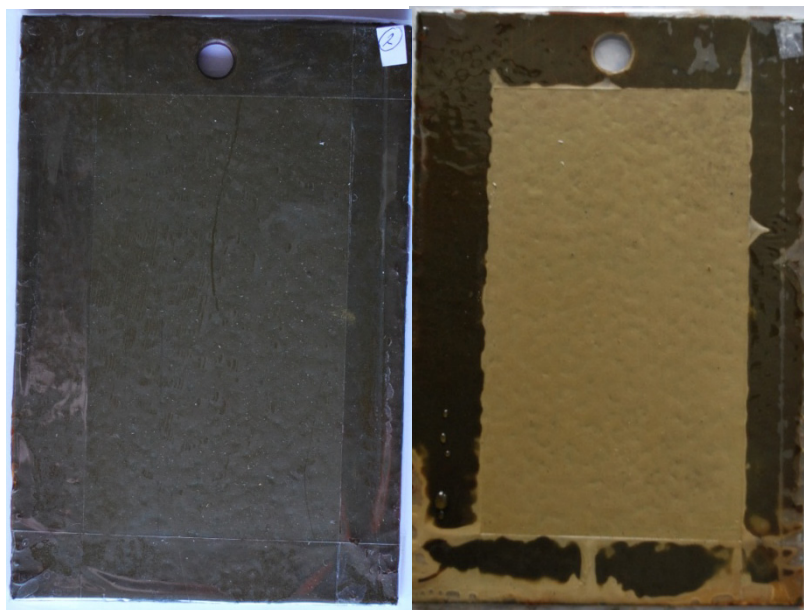
### 5.6.1 FOTODOKUMENTACE VZORKŮ S NÁTĚRY NA POČÁTKU A NA KONCI CYKLŮ KOROZNÍ ZKOUŠKY

Fotodokumentace byla pořízena:

- před vložením do korozní komory
- cyklus po 8 hodinách
- cyklus po 16 hodinách
- cyklus po 24 hodinách
- cyklus po 48 hodinách
- konečný cyklus po 72 hodinách

Kompletní fotodokumentace jednotlivých cyklů je zaznamenána viz příloha B.

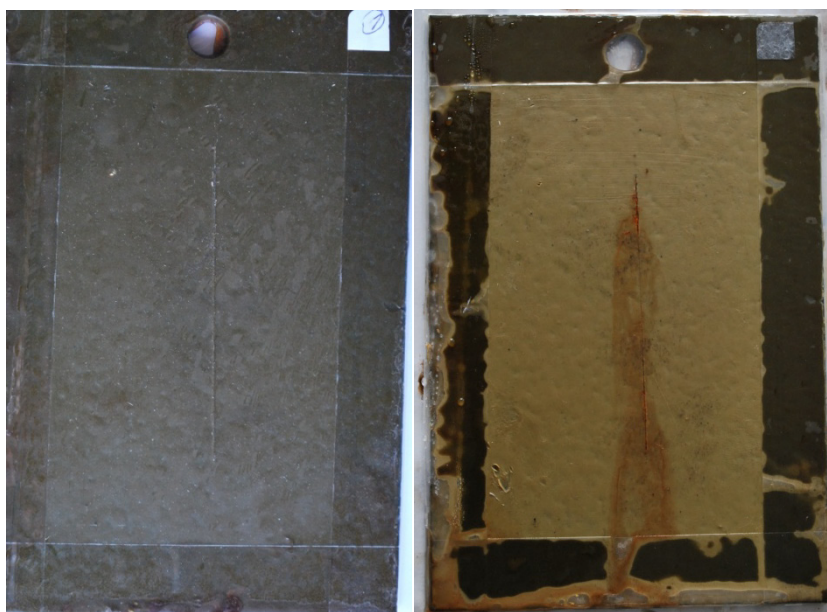
#### Vzorky „KT“ bez řezu



**Obrázek č. 35** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory  
b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře



**Vzorky „KT“ s řezem**

**Obrázek č. 36** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů s řezem

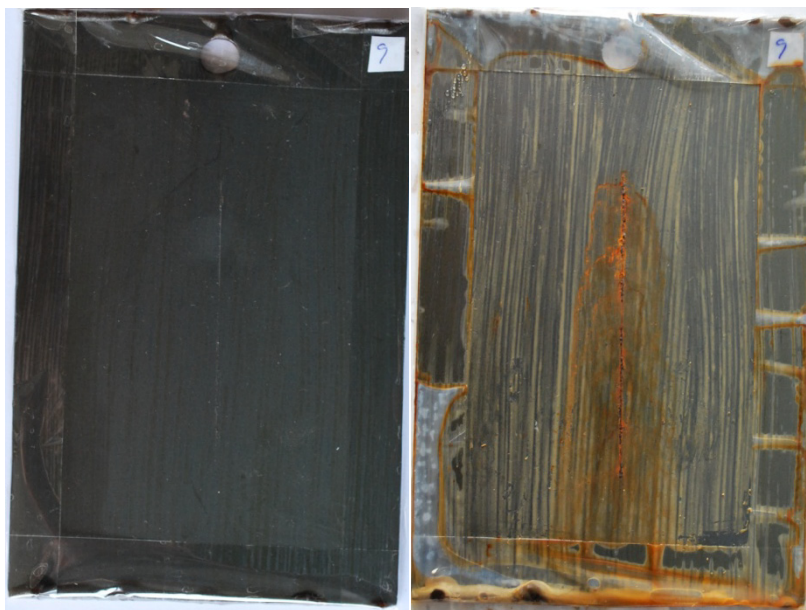
- a) před vložením do korozní komory
- b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

**Vzorky „KC“ bez řezu**

**Obrázek č. 37** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře



**Vzorky „KC“ s řezem**

**Obrázek č. 38** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

**Vzorky „SR“ bez řezu**

**Obrázek č. 39** – Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

## Vzorky „SR“ s řezem



**Obrázek č. 40** – Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

## Vyhodnocení degradace nátěrů

### Hodnocení stupně puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2

Část této normy popisuje metodu hodnocení stupně puchýřkování nátěrů porovnáním s obrázkovými standardy. Počet a velikost vzniklých puchýřků v nátěru se hodnotí pomocí obrazové stupnice. Hodnocení se provádí v dobrém světle. Hustota a velikost puchýřků se zařazuje dle obrázků 1 až 4 spolu s přibližnými rozměry plochy nebo procentuálně vyjádřeným poměrem této plochy k ploše celkové. [34]

### Hodnocení stupně prorozavění dle ČSN EN ISO 4628-3

Předmětem této normy je popis metody, která stanovuje stupně prorozavění nátěrů srovnáním s obrázkovými standardy. Stadium prorozavění Ri na nátěru se posuzuje pomocí obrázkových standardů uvedených na obrázcích 1 až 5. Jestliže je v odlišných částech zkoušené plochy posouzen různý stupeň prorozavění, uvede se tento stupeň spolu s danou částí plochy. [35]

STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	PLOCHA S VÝSKYTEM RZI %
Ri 0	0
Ri 1	0,05
Ri 2	0,5
Ri 3	1
Ri 4	8
Ri 5	40 až 50

*Tabulka č. 26 – Stupeň prorezavění a plocha s výskytem rzi [35]*

### **Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu dle ČSN EN ISO 4628-8**

Tato norma popisuje metodu vyhodnocení delaminace a koroze v okolí řezu na zkoumaném vzorku. Stupeň delaminace v okolí řezu se hodnotí buď okamžitě po ukončení expozice nebo po kondicionování probíhajícím po předepsanou dobu. Míra koroze v okolí řezu se stanovuje ihned po vyjmutí zkušebního vzorku z prostředí nebo po odstranění povlaku. Vyhodnocení ploch se provádí měřením, výpočtem nebo pomocí obrazových standardů. [36]

Vzorky bez řezu

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ
„KT“	<b>Před vložením do korozní komory</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 8 hodinách v korozní komoře</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 16 hodinách v korozní komoře</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 24 hodinách v korozní komoře</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		1(S1)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 48 hodinách v korozní komoře</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		1(S1)	Ri2(S1)
„SR“		1(S1)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 72 hodinách v korozní komoře</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		1(S1)	Ri3(S2)
„SR“		1(S2)	Ri0(S0)

**Tabulka č. 27** – Vyhodnocení korozní zkoušky bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628 (vzorky bez řezu)

## Vzorky s řezem

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	Před vložením do korozní komory	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	Po 8 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	Po 16 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	0/1
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	2/2
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KT“	Po 24 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	0/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/2
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KT“	Po 48 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/3
„SR“		1(S2)	Ri0(S0)	2/2
„KT“	Po 72 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/4
„SR“		1(S3)	Ri1(S1)	2/3

*Tabulka č. 28 – Vyhodnocení korozní zkoušky bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 4628 (vzorky s řezem)*

### **Vyhodnocení vzorků bez řezu po 72 hodinách v korozní komoře**

Při hodnocení zkoušky v korozní komoře, nám po 72 hodinách expozice vykazovaly nejlepší výsledky vzorky „KT“. Jednalo se o nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Vzorky nevykazovaly žádný stupeň puchýřkování a prorezavění.

Vzorky „KC“, nátěr typu VCI-368 na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T prokazovaly stupeň puchýřkování 1(S1). Klasifikace velikosti defektu byla u tohoto vzorku stanovena jako viditelná pouze při zvětšení do desetinásobku. Defekt prorezavění byl větší a určen jako stupeň Ri3(S2), což odpovídá defektu o velikosti právě viditelným prostým okem nebo s korekcí zrakových vad.

Vzorky „SR“, nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Na vzorcích byl klasifikovaný stupeň puchýřkování 1(S2), což odpovídá velikosti defektu právě viditelným prostým okem nebo s korekcí zrakových vad. Vzorky dále nevykazovaly žádný stupeň prorezavění.

### **Vzorky s řezem po 72 hodinách v korozní komoře**

Také u vzorků s řezem se prokázalo, že nejlepším výsledkům odpovídá vzorek „KT“. Nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Stupeň puchýřkování a prorezavění byl roven nule. Delaminace popisuje ztrátu přilnavosti povlaku a u vzorku „KT“ byla stanovena stupněm 1, čili velmi malá.

Vzorky „KC“, nátěr typu VCI-368 na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T prokazovaly stupeň puchýřkování 0(S0). Defekt prorezavění byl určen jako stupeň Ri1(S1), což odpovídá defektu viditelnému pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 2, čili malá.

Vzorky „SR“, nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Na vzorcích byl klasifikovaný stupeň puchýřkování 1(S3), což odpovídá velikosti defektu zřetelně viditelným prostým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Vzorky dále vykazovaly stupeň prorezavění Ri1(S1), což odpovídá defektu viditelnému pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 2, čili malá.

## 5.4 PONOROVÁ ZKOUŠKA DLE ČSN 67 3087

Z důvodů aplikace nátěrů na ocelový podklad, byl zvolen pracovní postup A. Na vzorky působí okyselený roztok chloridu sodného s přídavkem peroxidu vodíku. Do připraveného roztoku bylo vloženo 6 vzorků. Z každého druhu nátěru dva a na jednom z nich byl vytvořen řez až na podklad o délce 70 mm. [31]

Správný postup nám stanoví schopnost aplikovaných nátěrů, proti podkorodování.

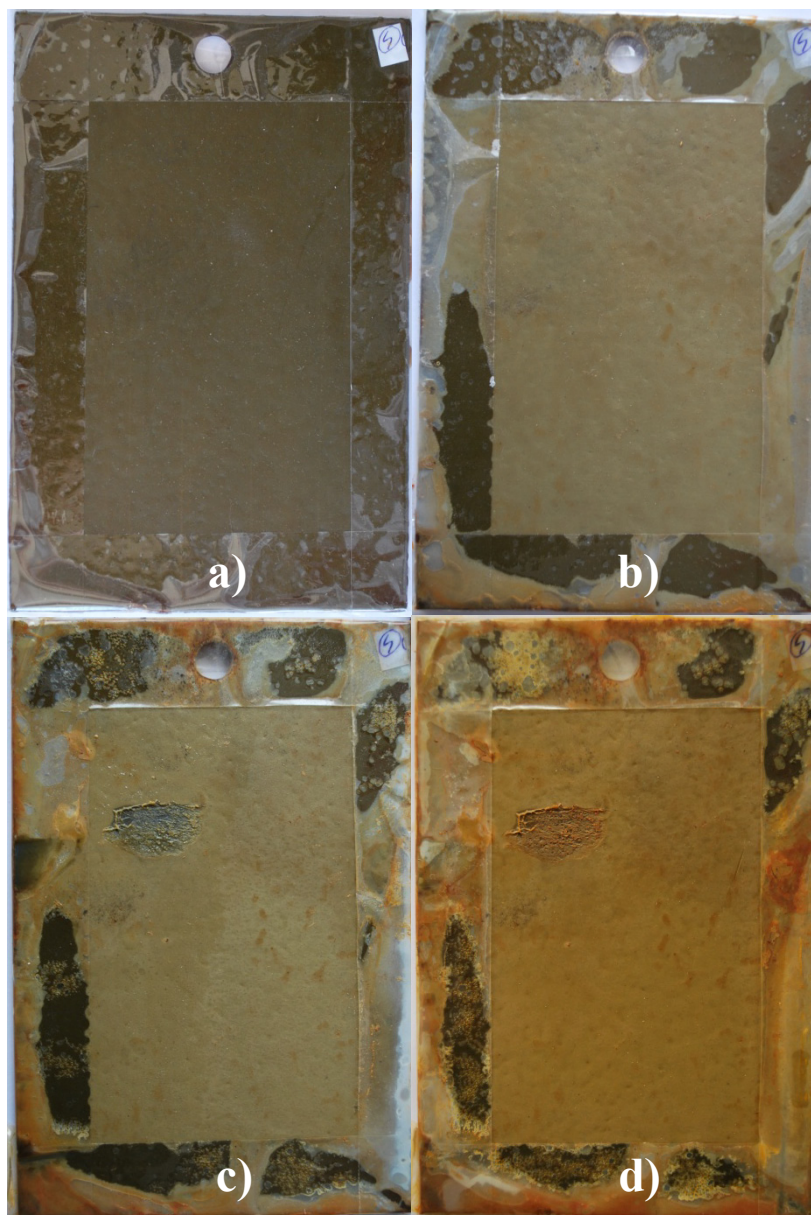
### Pro zkoušku se připraví roztok:

- Chlorid sodný
  - 50g
- Kyselina octová (100% p.a.)
  - 10 ml
- Peroxid vodíku (30% p.a.)
  - 5 ml
- Destilovaná voda do 1 000 ml
- pH
  - 2,6 až 3,0
- Teplota zkušebních roztoků
  - $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  [31]

Připravené vzorky se ponořily do roztoku. Jejich uložení musí být provedeno tak, aby mezi nimi byla zachována minimální vzdálenost, což je 15 mm. Další důležitou podmínkou je, že 1000 ml roztoku připadá na 4 zkoumané vzorky. Teplota zkušebního roztoku musí být udržována na hodnotě  $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . [31]

Po ukončení jednotlivých cyklů byly vzorky opláchnuty destilovanou vodou a ponechány mimo zařízení. Následovalo zavěšení na vzduchu po dobu 8 hodin. Jakmile byl ukončen poslední cyklus, byly vzorky vyjmuty a trojnásobně opláchnuty destilovanou vodou. Poté byly vloženy do termostatu, který má teplotu  $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Posledním krokem je vychladnutí při teplotě místnosti  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . [31]

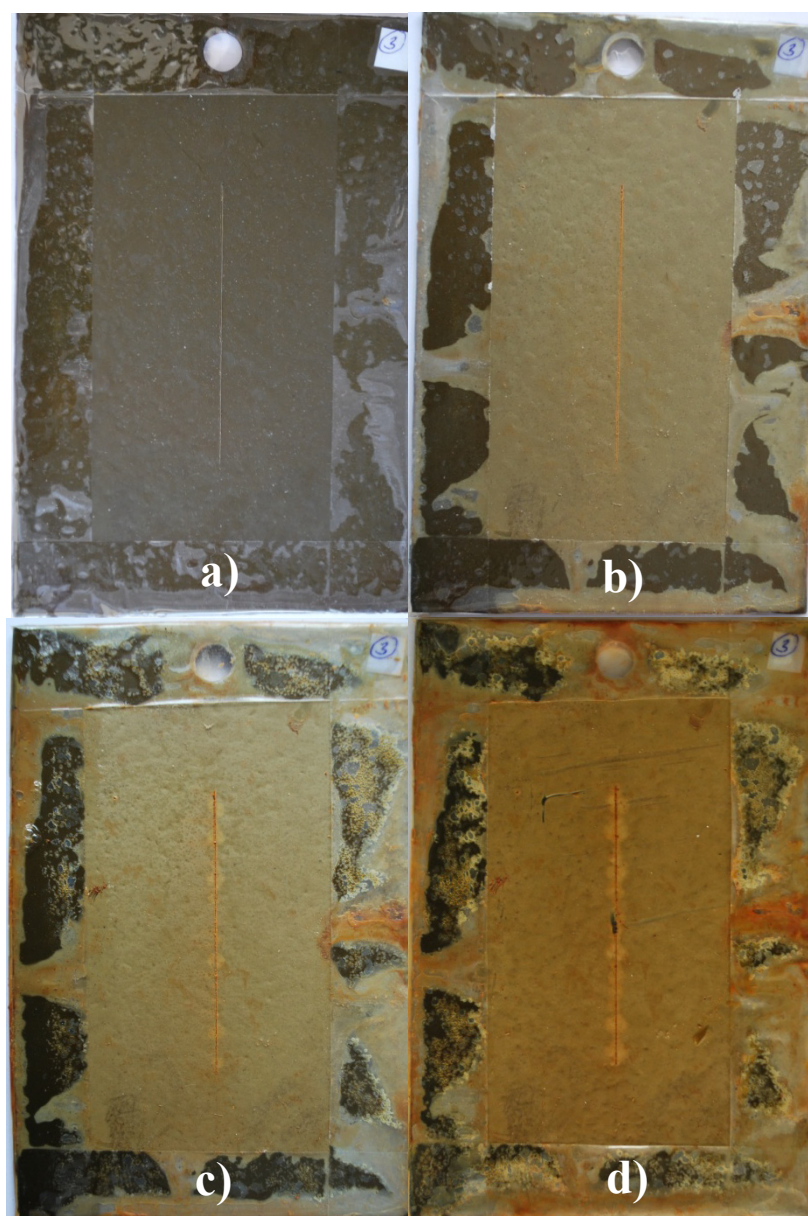


**Vzorky „KT“ bez řezu**

**Obrázek č. 41** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů bez řezu

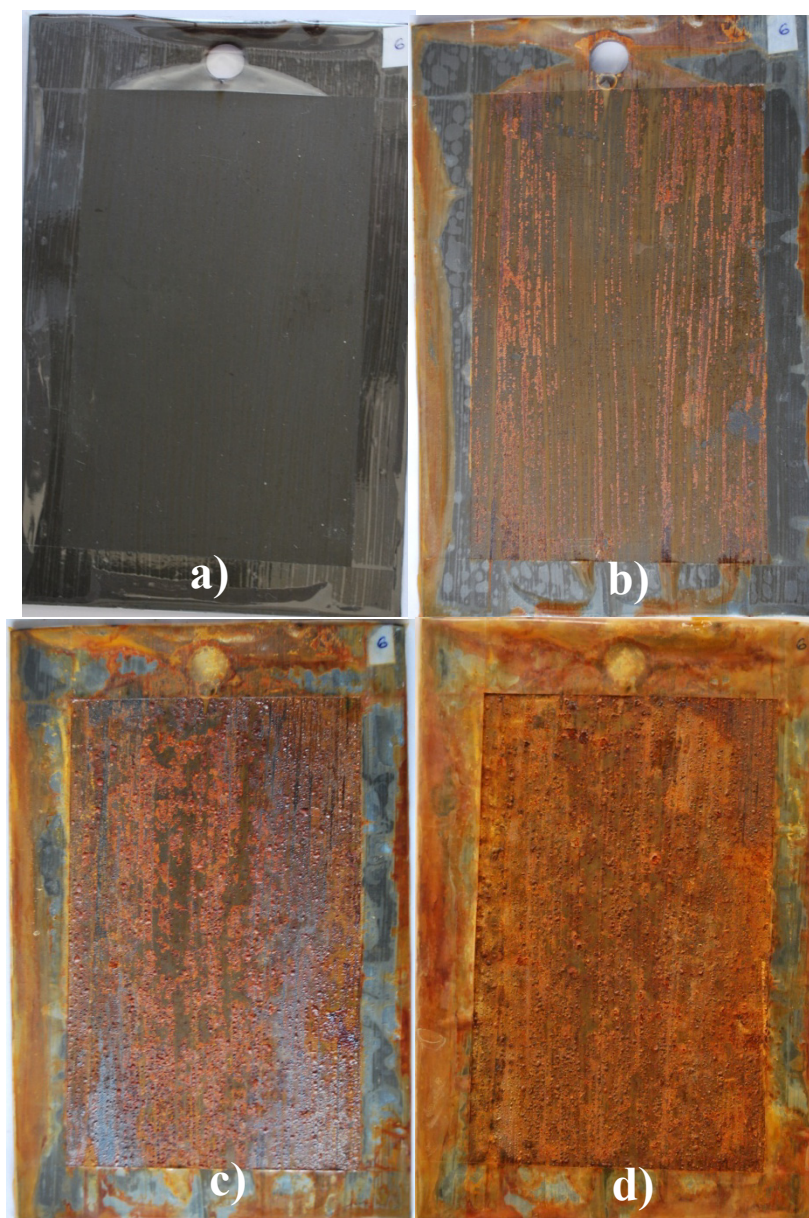
- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky



**Vzorky „KT“ s řezem**

**Obrázek č. 42** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů s řezem

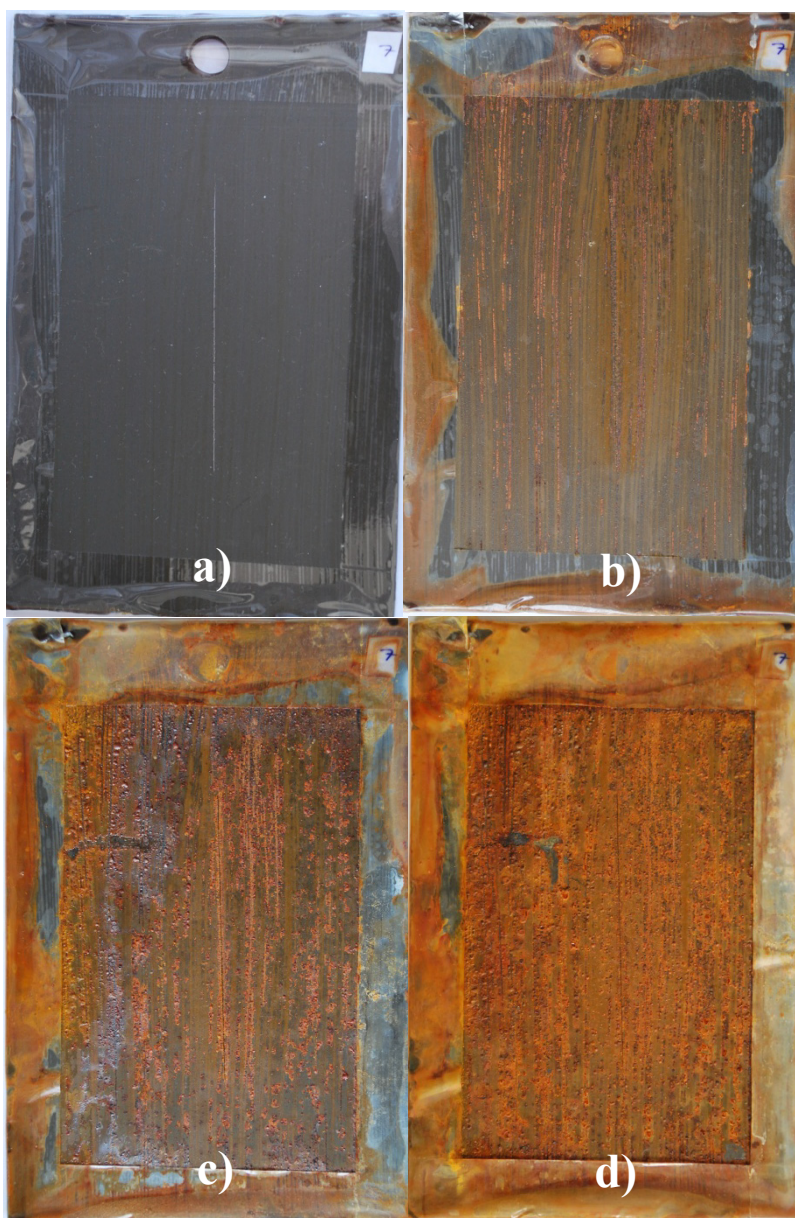
- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky

**Vzorky „KC“ bez řezu**

**Obrázek č. 43** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů bez řezu

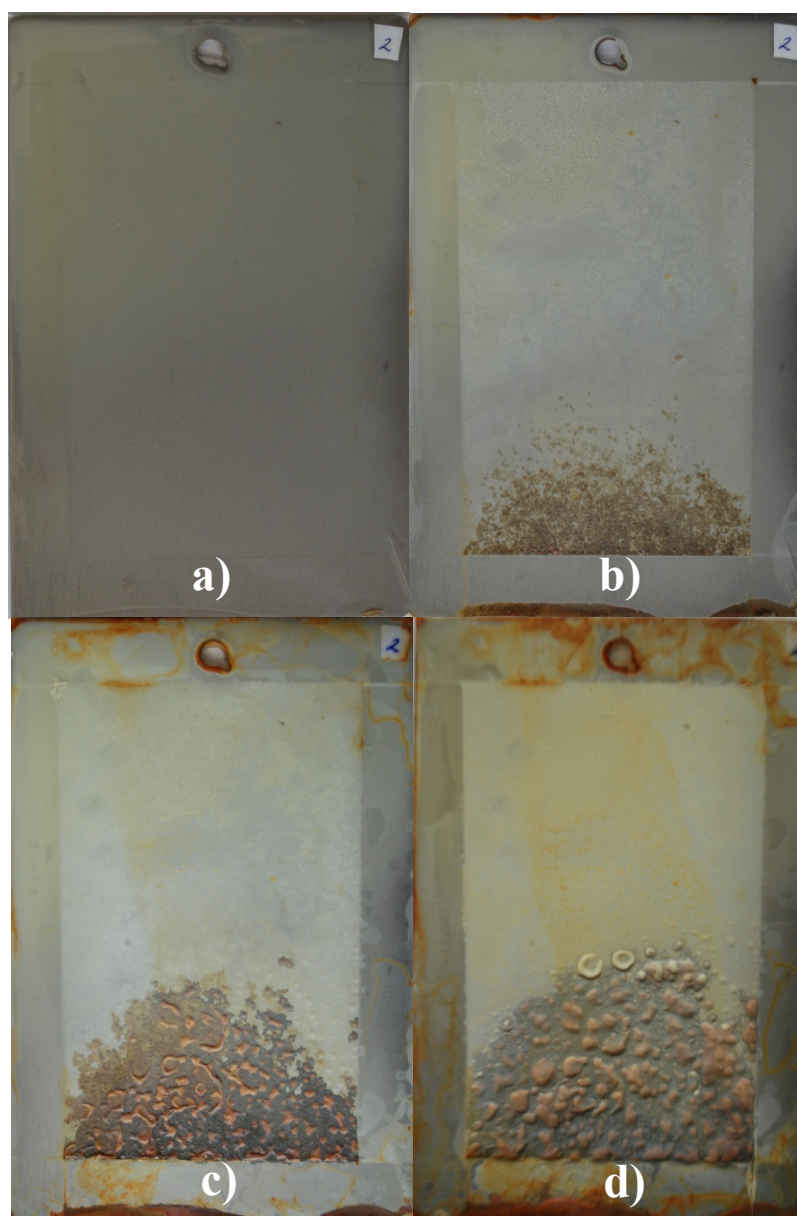
- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky



**Vzorky „KC“ s řezem**

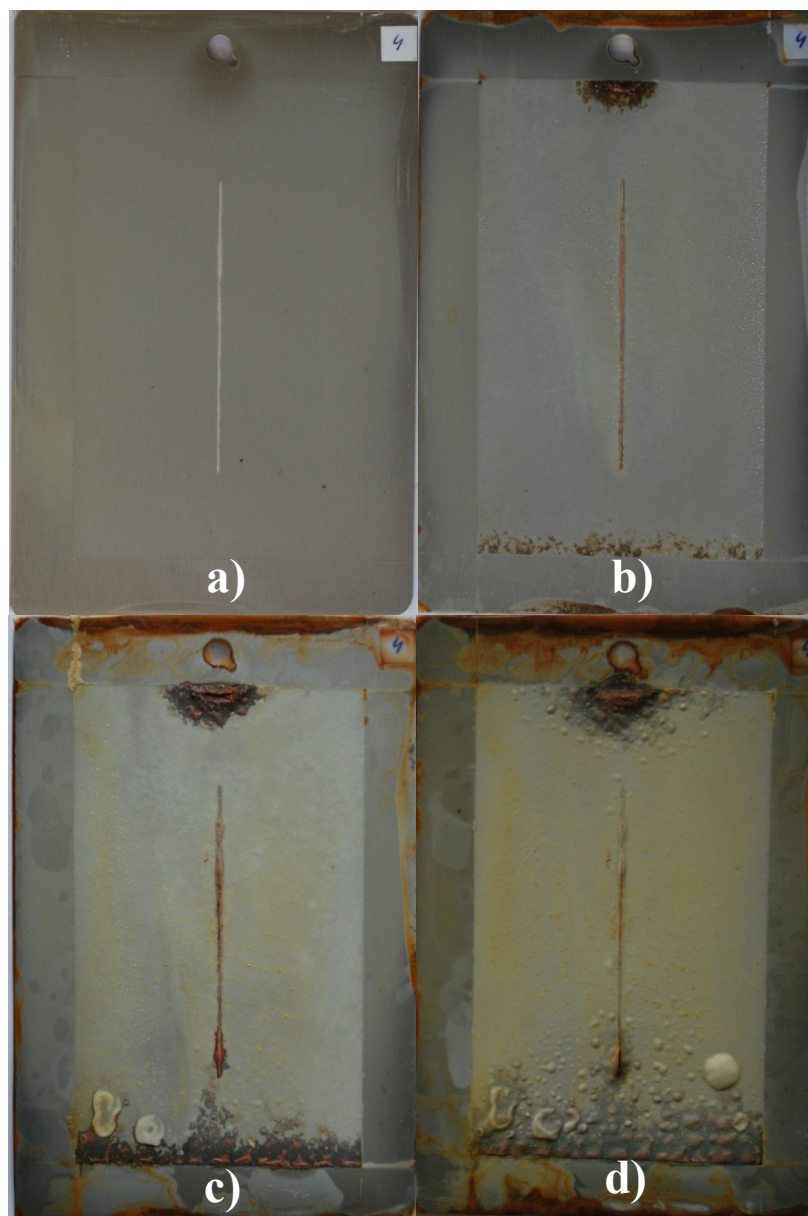
**Obrázek č. 44** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky

**Vzorky „SR“ bez řezu**

**Obrázek č. 45** – Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky

**Vzorky „SR“ s řezem**

**Obrázek č. 46** – Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do roztoku
- b) po 1. cyklu ponorové zkoušky
- c) po 2. cyklu ponorové zkoušky
- d) po 3. cyklu ponorové zkoušky



## Vzorky bez řezu

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ
„KT“	Před vložením do roztoku	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	Po 1. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)
„KC“		0(S0)	Ri4(S2)
„SR“		2(S2)	Ri4(S1)
„KT“	Po 2. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)
„KC“		4(S3)	Ri5(S3)
„SR“		3(S5)	Ri5(S5)
„KT“	Po 3. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)
„KC“		5(S3)	Ri5(S5)
„SR“		4(S5)	Ri5(S5)

Tabulka č. 29 – Vyhodnocení ponorové zkoušky (vzorky bez řezu)

## Vzorky s řezem

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	Před vložením do roztoku	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	Po 1. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)	1/0
„KC“		0(S0)	Ri5(S2)	1/2
„SR“		0(S0)	Ri1(S1)	1/1
„KT“	Po 2. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)	1/1
„KC“		4(S3)	Ri5(S3)	1/2
„SR“		1(S1)	Ri1(S1)	2/1



„KT“	Po 3. cyklu	0(S0)	Ri1(S1)	1/1
„KC“		5(S3)	Ri5(S3)	1/2
„SR“		2(S3)	Ri1(S1)	2/1

**Tabulka č. 30** – Vyhodnocení ponorové zkoušky (vzorky s řezem)

### Vyhodnocení vzorků bez řezů po 3. cyklu ponorové zkoušky

Při hodnocení ponorové zkoušky, nám po 3. cyklu expozice vykazovaly nejlepší výsledky vzorky „KT“. Jednalo se o nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Vzorky nevykazovaly žádný stupeň puchýřkování. Defekt prorezavění byl určen jako stupeň Ri1(S1), což odpovídá defektu viditelnému pouze při zvětšení do desetinásobku.

Vzorky „KC“, nátěr typu VCI-368 na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T prokazovaly stupeň puchýřkování 5(S3). Klasifikace velikosti defektu byla u tohoto vzorku stanovena jako zřetelně viditelná prostým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Defekt prorezavění byl větší a určen jako stupeň Ri5(S5), což odpovídá defektu o velikosti větší než 5mm.

Vzorky „SR“, nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Na vzorcích byl klasifikovaný stupeň puchýřkování 5(S3), což popisuje velikosti defektu zřetelně viditelným prostým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Vzorky dále vykazovaly stupeň prorezavění Ri5(S5), což stanovuje velikost defektu větší než 5mm.

### Vyhodnocení vzorků s řezem po 3. cyklu ponorové zkoušky

Také u vzorků s řezem se prokázalo, že nejlepším výsledkům odpovídá vzorek „KT“. Nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Stupeň puchýřkování vyšel nulový a stupeň prorezavění odpovídá Ri1(S1). Velikost defektů je viditelná pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace u vzorku „KT“ byla stanovena stupněm 1, čili velmi malá.

Vzorky „KC“, nátěr typu VCI-368 na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T prokazovaly stupeň puchýřkování 5(S3), kde velikost defektu je zřetelně viditelná prostým

okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Defekt prorezavění byl určen jako stupeň Ri5(S3). Velikost defektu je viditelná pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 1, čili velmi malá.

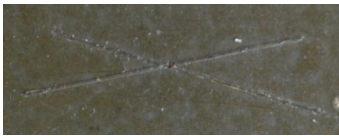



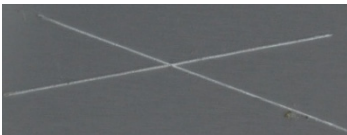
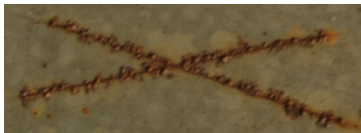
Vzorky „SR“, nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Na vzorcích byl klasifikovaný stupeň puchýřkování 2(S3), zde je velikost defektu zřetelně viditelná prostým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Vzorky dále vykazovaly stupeň prorezavění Ri1(S1), což odpovídá defektu viditelnému pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 2, čili malá.

## **5.5 ATMOSFÉRICKÁ ZKOUŠKA**

Zkoušky slouží ke zjišťování korozní odolnosti materiálu a povrchových úprav v různých typech atmosfér. V průběhu korozní zkoušky jsou zakázány úpravy povrchů, jedinou výjimkou je očištění povrchů vzorků určených výhradně pro vizuální kontrolu. [3]

Vzorky byly exponovány v prostředí s korozní agresivitou C4 až C5. Na jednotlivých vzorcích byly provedeny křížové řezy. Výsledky a fotodokumentace jsou zaznamenány v tabulce č. 31. Doba expozice atmosférické zkoušky započala v listopadu 2012 a ukončena byla v květnu 2013.



VZOREK	FOTODOKUMENTACE	
	Před expozici	
„KT“		
	Po expozici	
„KT“		
	Před expozici	
„KC“		
	Po expozici	
„KC“		
	Před expozici	
„SR“		
	Po expozici	
„SR“		

*Tabulka č. 31 – Vyhodnocení křížového řezu před a po expozici*

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	<b>Před expozici</b>	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	<b>Po expozici</b>	0(S0)	Ri1(S1)	1/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/2
„SR“		5(S3)	Ri1(S2)	3/3

*Tabulka č. 32 – Vyhodnocení atmosférické zkoušky*

### **Vyhodnocení vzorků s řezem po expozici v atmosférických podmínkách**

Při této zkoušce se opět prokázalo, že dobrým výsledkům odpovídá vzorek „KT“. Nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Stupeň puchýřkování vyšel nulový a stupeň prorezavění odpovídá Ri1(S1). Velikost vzniklých defektů je viditelná pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace u vzorku „KT“ byla stanovena stupněm 1, čili velmi malá.

Vzorky „KC“, nátěr typu VCI-368 na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T vykazovaly nulový stupeň puchýřkování. Defekt prorezavění byl stanoven jako stupeň Ri1(S1). Velikost defektu je viditelná pouze při zvětšení do desetinásobku. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 2, čili malá.

Vzorky „SR“, nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli. Na vzorcích byl klasifikovaný stupeň puchýřkování 5(S3), zde je velikost defektu zřetelně viditelná prostým okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0,5mm). Vzorky dále vykazovaly stupeň prorezavění Ri1(S2), což odpovídá defektu o velikosti právě viditelným prostým okem nebo s korekcí zrakových vad. Delaminace byla vyhodnocena stupněm 3, čili mírná.

## 6. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH ZKOUŠEK

### 6.1 VYHODNOCENÍ POVRCHŮ VZORKŮ

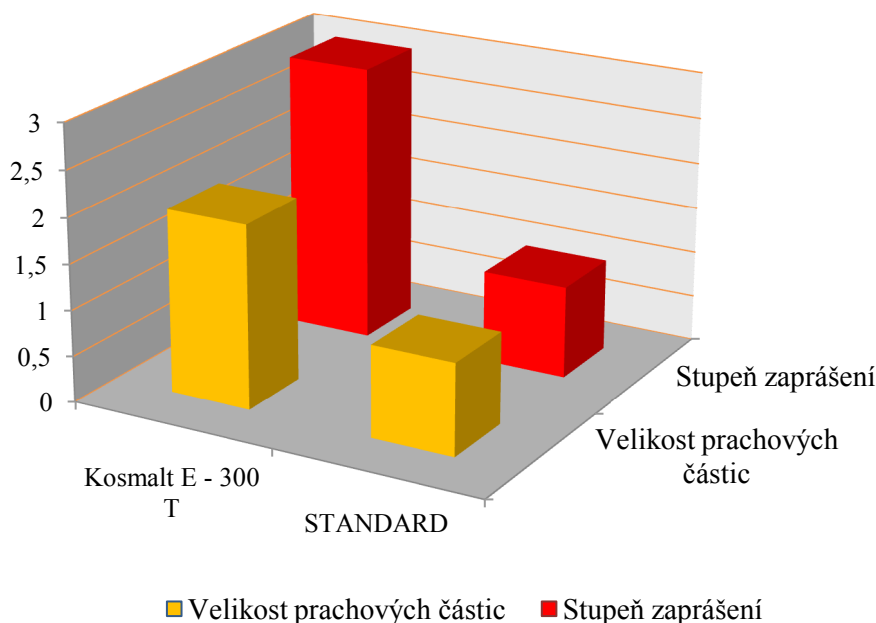
#### 6.1.1 VYHODNOCENÍ ZAPRÁŠENÍ POVRCHŮ DLE ČSN ISO 8502-3

Pro správné vyhodnocení velikosti prachových částic a stupeň zaprášení byly z každého typu podkladového materiálu vybrány tři reprezentující vzorky. Měření bylo provedeno vždy třikrát a poté byla hodnota zprůměrována.

PARAMETRY	VELIKOST PRACHOVÝCH ČÁSTIC	STUPEŇ ZAPRÁŠENÍ
VÝSLEDKY PRO KOSMALT - E 300T	2	3
VÝSLEDKY PRO VZOREK STANDARD	1	1

*Tabulka č. 33 - Vyhodnocení vzorků KOSMALT – E 300T a vzorků STANDARD*

#### Vyhodnocení zaprášení povrchu vzorků



*Graf č.5 - Vyhodnocení zaprášení povrchu vzorků KOSMALT – E 300T a vzorků STANDARD*

Vzorky KOSMALT – E 300T se vyznačují vyšším stupněm zaprášení a velikostí prachových částic než vzorky STANDARD. Tyto prachové částice mohou negativně ovlivnit přilnavost a životnost naneseného nátěrového systému.

### 6.1.2 VYHODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU PODKLADOVÉHO MATERIÁLU DLE ČSN EN ISO 4287

V grafech jsou srovnány průměrné hodnoty drsnosti podkladových materiálů. Jsou zde znázorněny viditelné rozdíly základních parametrů u obou základních povrchů.

Velmi důležitým parametrem je součinitel asymetrie  $R_{sk}$ . Zda-li naměřené údaje vykazují záporné hodnoty, vypovídá to o dobrých vlastnostech nosnosti profilu. Povrch zkoumaného vzorku je zaoblenějšího charakteru. Naopak hodnoty kladné, vyznačují horší vlastnosti nosnosti profilu. Povrch vzorku je typický svým ostřejším charakterem. Střední aritmetická úchylka neurčuje tvar drsnosti povrchu, z tohoto důvodu stanovuje více parametrů drsnosti. Význam parametru  $R_z$  je, že nám udává součet nejvyššího výstupku a nejnižší hloubky prohlubně.

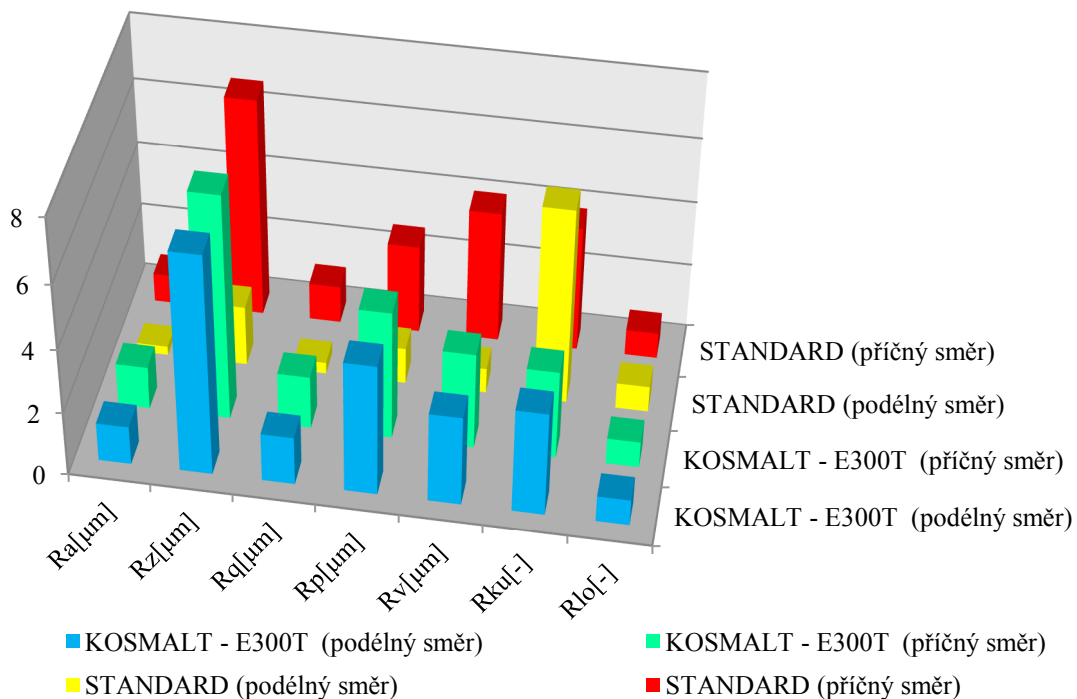
VZOREK KOSMALT – E300T	$R_a[\mu m]$	$R_z[\mu m]$	$R_q[\mu m]$	$R_p[\mu m]$	$R_v[\mu m]$	$R_{sk}[-]$	$R_{ku}[-]$	$R_{lo}[mm]$
Průměrné hodnoty (podélný směr) →	1,20	6,87	1,50	4,08	2,79	+	3,23	0,808
Průměrné hodnoty (příčný směr) ↓	1,33	7,02	1,64	4,01	2,99	+	2,74	0,810

*Tabulka č. 34 - Tabulka průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu KOSMALT – E300T měřeno v podélném a příčném směru*

VZOREK STANDARD	Ra[ $\mu\text{m}$ ]	Rz[ $\mu\text{m}$ ]	Rq[ $\mu\text{m}$ ]	Rp[ $\mu\text{m}$ ]	Rv[ $\mu\text{m}$ ]	Rsk[-]	Rku[-]	Rlo[mm]
Průměrné hodnoty (podélný směr) →	0,27	1,88	0,35	1,12	0,77	+	6,09	0,801
Průměrné hodnoty (příčný směr) ↓	0,89	6,79	1,15	2,74	4,09	-	3,91	0,821

*Tabulka č. 35 - Tabulka průměrných hodnot parametrů drsnosti povrchu podkladového materiálu STANDARD měřeno v podélném a příčném směru*

#### Průměrné hodnoty parametrů drsnosti u základních materiálů



*Graf č.6 - Vyhodnocení průměrných hodnot parametrů drsnosti vzorků KOSMALT – E 300T a vzorků STANDARD*

Z grafu č. 6 je patrné, že vzorek KOSMALT – E 300T má nepatrné rozdíly u příčného a podélného směru měření parametrů drsnosti. Zatímco u vzorků STANDARD jsou již viditelné odlišnosti, které jsou způsobené broušením povrchu.

Parametr šikmosti u vzorku KOSMALT - E300T posuzovaného profilu Rsk se v příčném a podélném směru vyskytuje v kladných hodnotách. U vzorků STANDARD se Rsk vyskytuje u příčného směru v hodnotách záporných. Povrch má lepší vlastnosti nosnosti profilu.

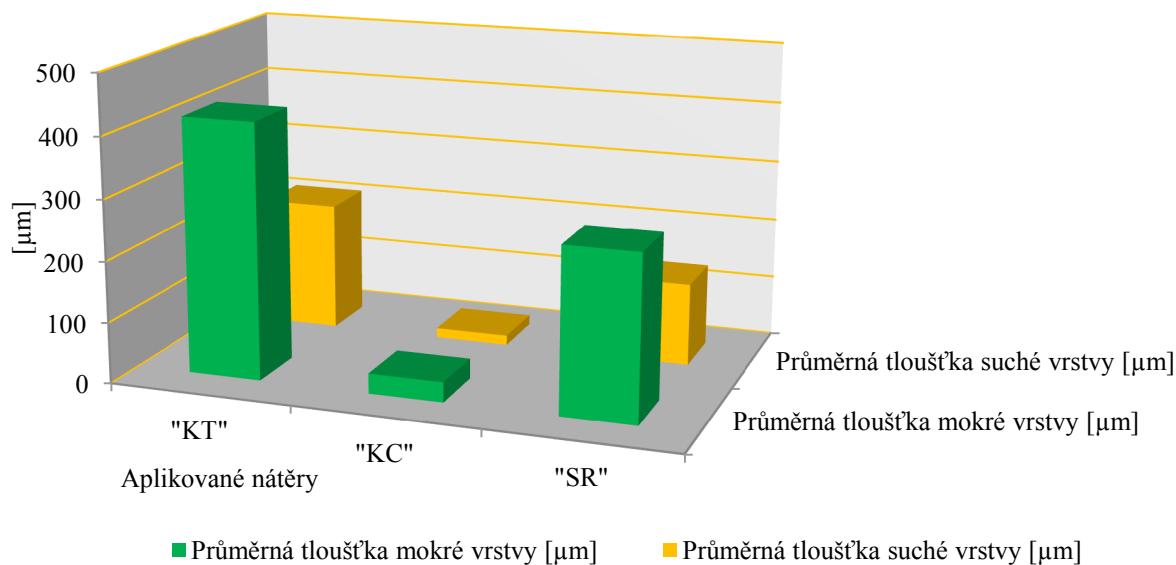
## 6.2 VYHODNOCENÍ STANOVENÍ TLOUŠŤKY SUCHÉ A MOKRÉ VRSTVY NÁTĚROVÉHO SYSTÉMU DLE ČSN EN ISO 2808

Dle ČSN EN ISO 2808 byly naměřeny tloušťky jednotlivých vrstev. Největší tloušťku vykazoval nátěr Valvoline Tectyl 506 EH a nejmenší nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu. Porovnání jednotlivých tloušťek je znázorněno v grafu č.7.

TYP VZORKU	PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA MOKRÉ VRSTVY	PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA SUCHÉ VRSTVY
	[μm]	[μm]
„KT“	420,0	212,2
„KC“	33,0	15,9
„SR“	270,0	135,1

*Tabulka č. 36- Tabulka průměrných hodnot tloušťky suché a mokré vrstvy jednotlivých nátěrů*

### Průměrné hodnoty tloušťek suchých a mokrých vrstev



**Graf č. 7 - Vyhodnocení průměrných hodnot tloušťek suchých a mokrých vrstev**

## 6.3 VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK PŘILNAVOSTI ANTIKOROZNÍHO SYSTÉMU

### 6.3.1 VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK PŘILNAVOSTI DLE ČSN EN ISO 16276-2

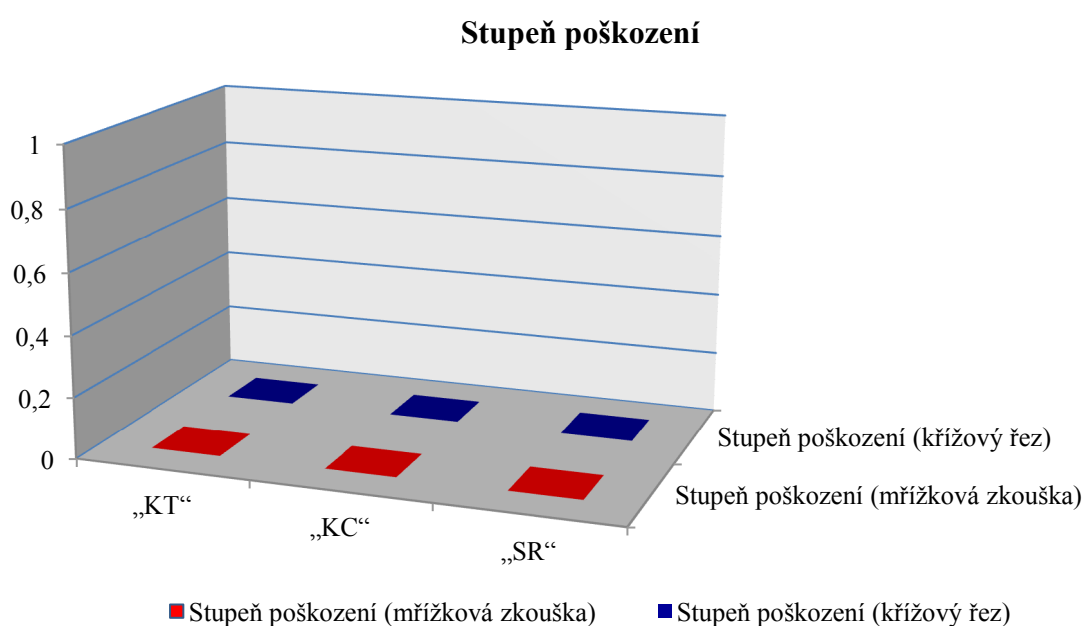
Mřížková zkouška posuzuje kvalitu přilnavosti nátěrového systému k povrchu podkladového materiálu. Měření bylo na každém aplikovaném nátěru provedeno třikrát a pak byla stanovena průměrná hodnota. Všechny nátěry vykazují velmi dobrou adhezní schopnost.

U zkoušky křížovým řezem dopadly všechny nátěrové systémy velice dobře. Nedocházelo k žádnému odlupování nebo odpadávání nátěrů.

Celkové hodnocení je zpracované v tabulce č. 37 a grafu č. 8.

VZOREK	STUPEŇ POŠKOZENÍ	
	Mřížková zkouška	Křížový řez
„KT“	0	0
„KC“	0	0
„SR“	0	0

**Tabulka č. 37 - Tabulka průměrných hodnot stupně poškození**  
(mřížková zkouška, křížový řez)



**Graf č.8 - Vyhodnocení stupně poškození u mřížkové zkoušky a zkoušky křížovým řezem**

## 6.4 VYHODNOCENÍ KOROZNÍ ZKOUŠKY V SOLNÉ KOROZNÍ KOMOŘE DLE ČSN EN ISO 9227

Korozní zkouška v solné komoře nám určila rozsah napadení vzorků korozi. V tabulkách č.38 a č.39 je zaznamenán počáteční a konečný stav korozní zkoušky. Je zde patrné, že nejlepší výsledky jak u vzorků s řezem tak bez řezu, projevil nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH. Grafické znázornění je patrné na grafech č.9. č.10,č.11,č.12.



## Vzorky bez řezu

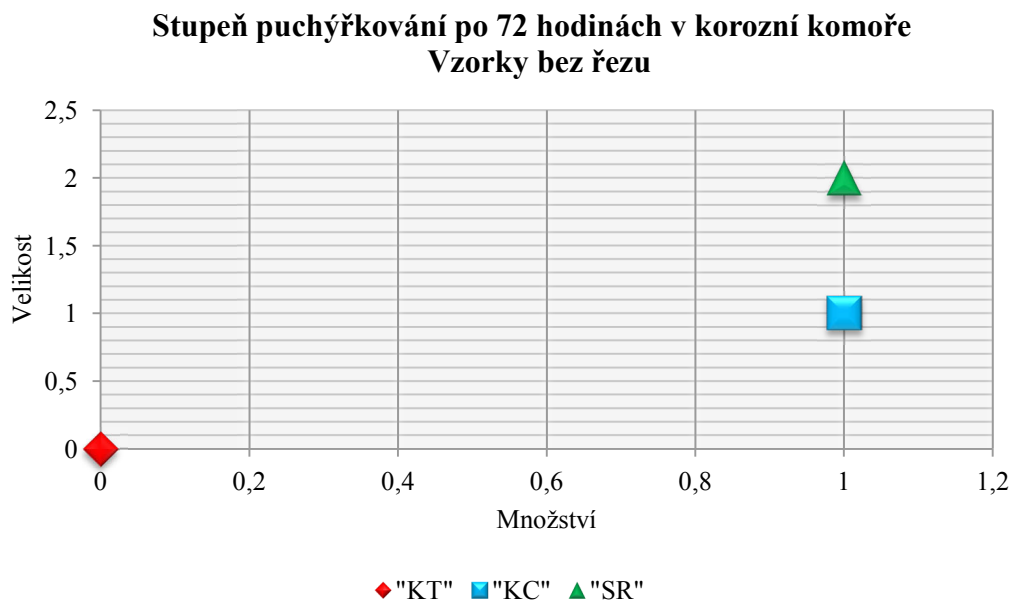
OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ
„KT“	Před vložením do korozní komory	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	Po 72 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		1(S1)	Ri3(S2)
„SR“		1(S2)	Ri0(S0)

*Tabulka č. 38 - Vyhodnocení korozní zkoušky dle normy ČSN EN ISO 4628 (vzorky bez řezu)*

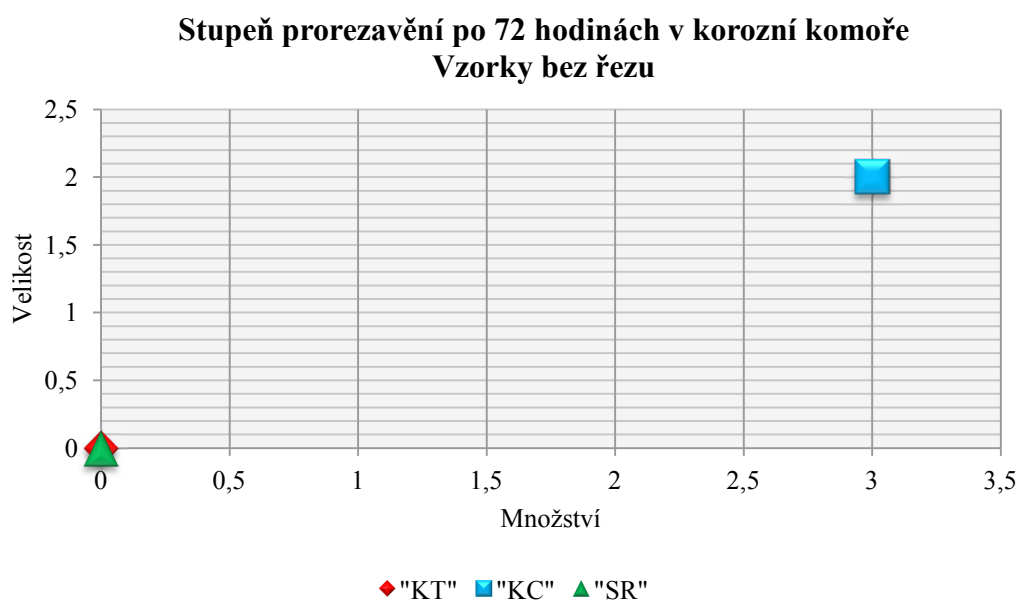
## Vzorky s řezem

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	Před vložením do korozní komory	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	Po 72 hodinách v korozní komoře	0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/4
„SR“		1(S3)	Ri1(S1)	2/3

*Tabulka č. 39 - Vyhodnocení korozní zkoušky dle normy ČSN EN ISO 4628 (vzorky s řezem)*

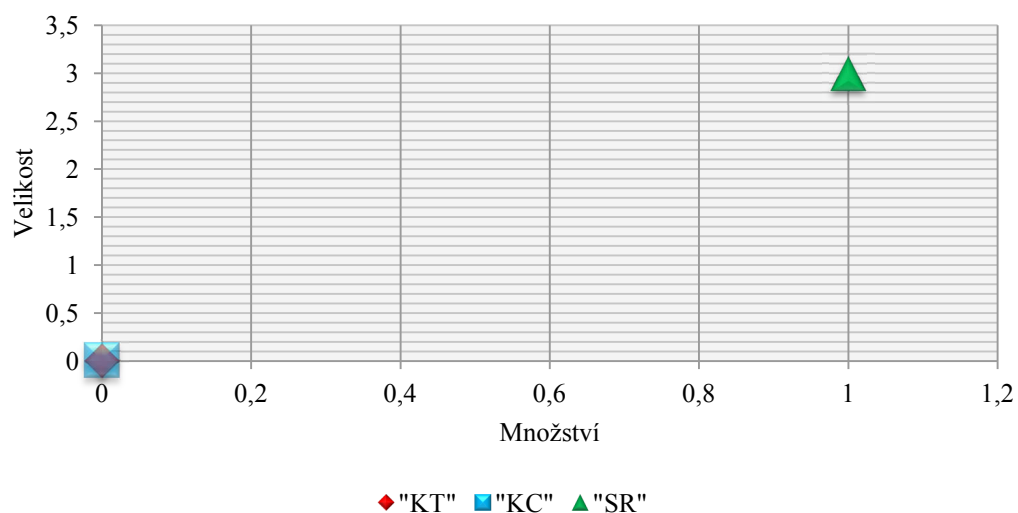


**Graf č.9** - Vyhodnocení stupně puchýřkování u vzorků bez řezu



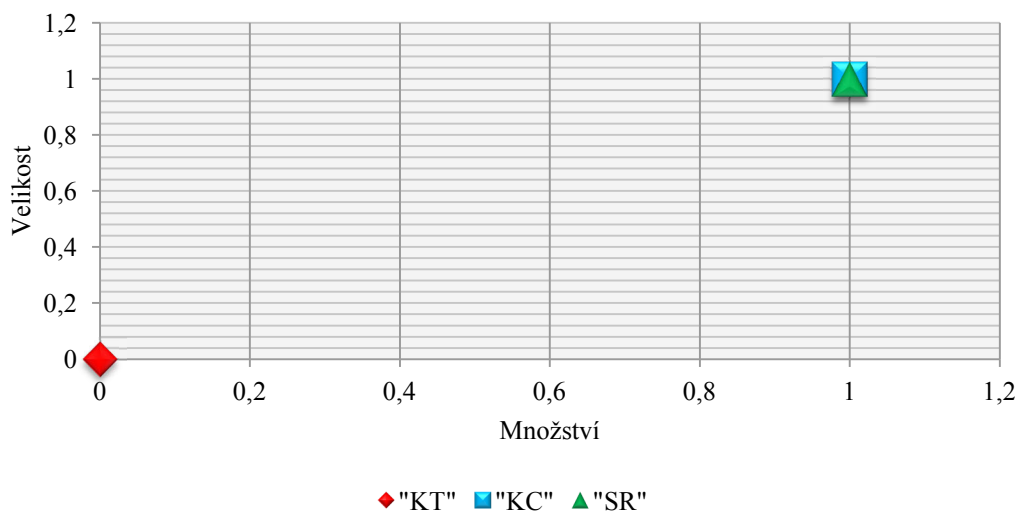
**Graf č.10** - Vyhodnocení stupně prorezavění u vzorků bez řezu

**Stupeň puchýřkování po 72 hodinách v korozní komoře  
Vzorky s řezem**

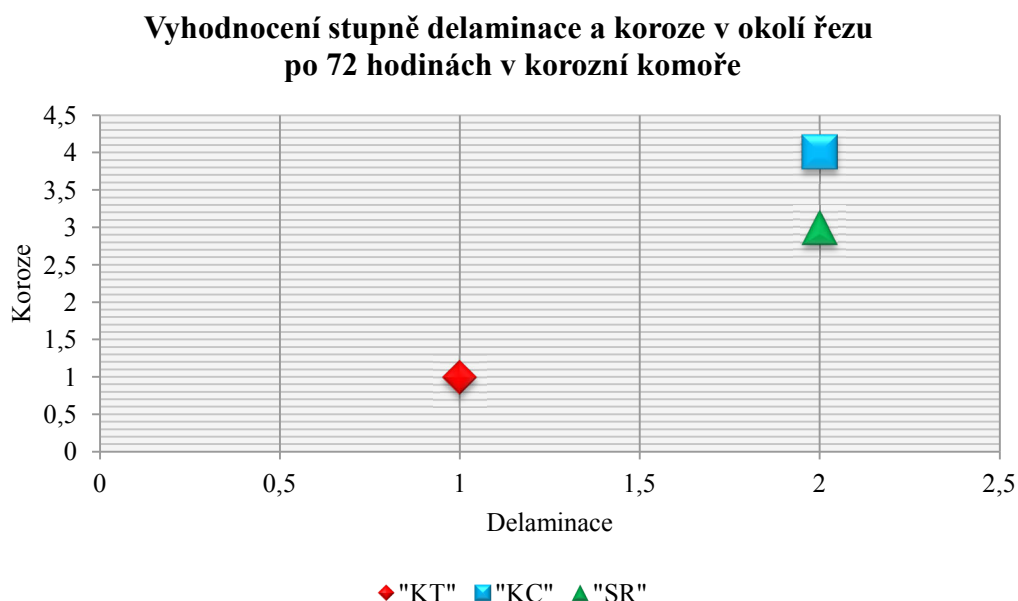


**Graf č.11** - Vyhodnocení stupně puchýřkování u vzorků s řezem

**Stupeň prorezavění po 72 hodinách v korozní komoře  
Vzorky s řezem**



**Graf č.12** - Vyhodnocení stupně prorezavění u vzorků s řezem



**Graf č.13** - Vyhodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu po 72 hodinách  
v korozní komoře

## 6.5 VYHODNOCENÍ PONOROVÉ ZKOUŠKY DLE ČSN 673087

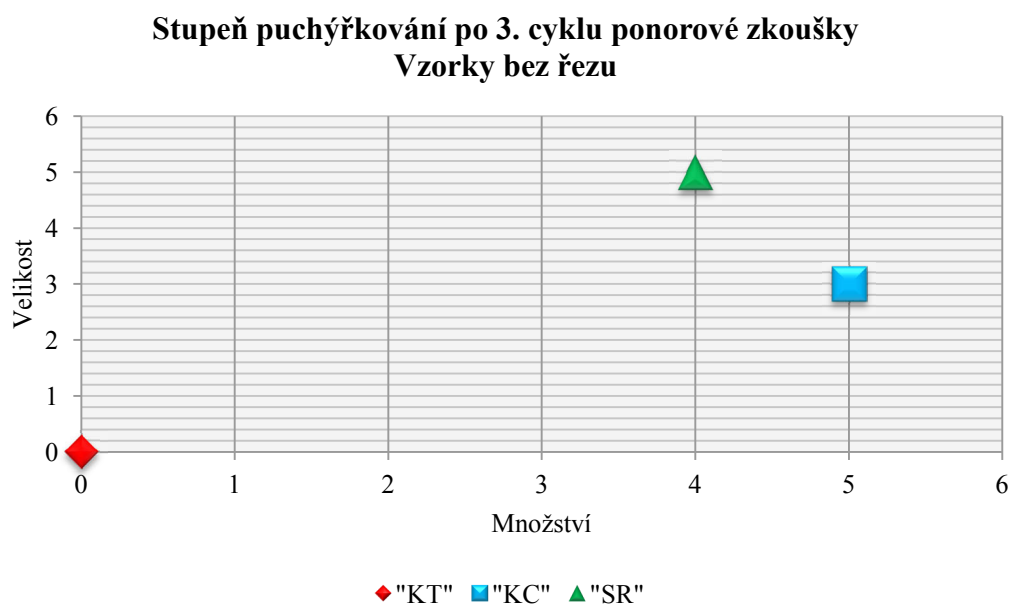
Z výsledků ponorové zkoušky je patrné, že nejlepší výsledky prokázal nátěr Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. V tabulce č.40 je zaznamenáno hodnocení vzorků bez řezu po 3. cyklu ponorové zkoušky. Tabulka č.41 nám udává vyhodnocení vzorků s řezem. Grafické znázornění stupně puchýřkování a prorezavění je patrné na grafech č. 14, č.15, č.16 a č.17.

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ
„KT“	<b>Před vložením do roztoku</b>	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)
„KT“	<b>Po 3. cyklu</b>	0(S0)	Ri1(S1)
„KC“		5(S3)	Ri5(S5)
„SR“		4(S5)	Ri5(S5)

**Tabulka č. 40** - Vyhodnocení ponorové zkoušky dle normy ČSN EN ISO 4628  
(vzorky bez řezu)

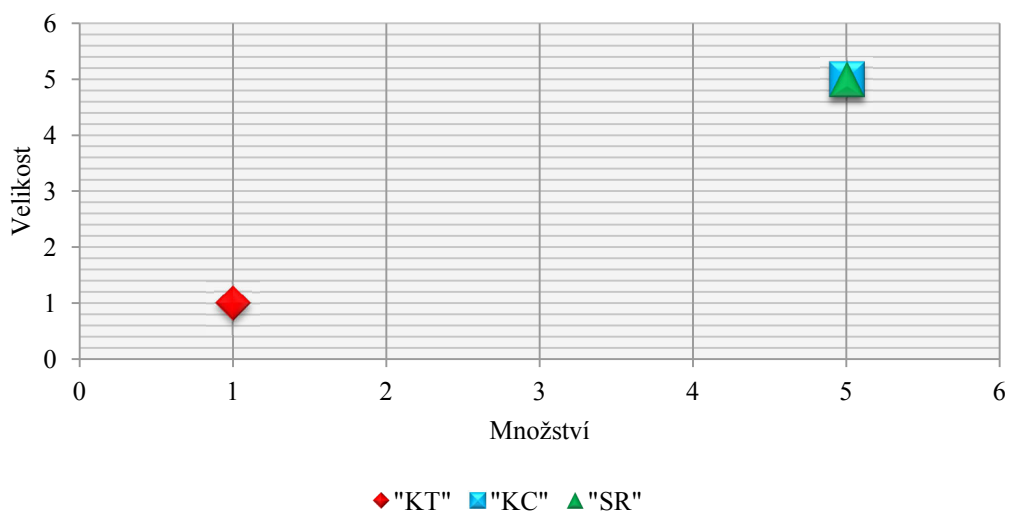
OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	<b>Před vložením do roztoku</b>	0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KC“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„SR“		0(S0)	Ri0(S0)	0/0
„KT“	<b>Po 3. cyklu</b>	0(S0)	Ri1(1)	1/1
„KC“		5(S3)	Ri5(3)	1/2
„SR“		2(S3)	Ri1(1)	2/1

**Tabulka č. 41 - Vyhodnocení ponorové zkoušky dle normy ČSN EN ISO 4628**  
(vzorky s řezem)



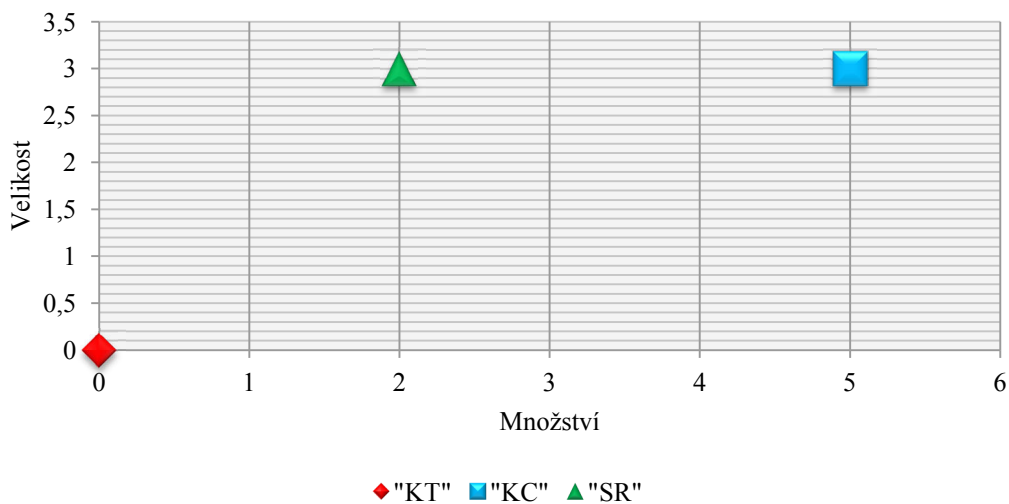
**Graf č.14 - Vyhodnocení stupně puchýřkování u vzorků bez řezu**

**Stupeň prerezavění po 3. cyklu ponorové zkoušky  
Vzorky bez řezu**



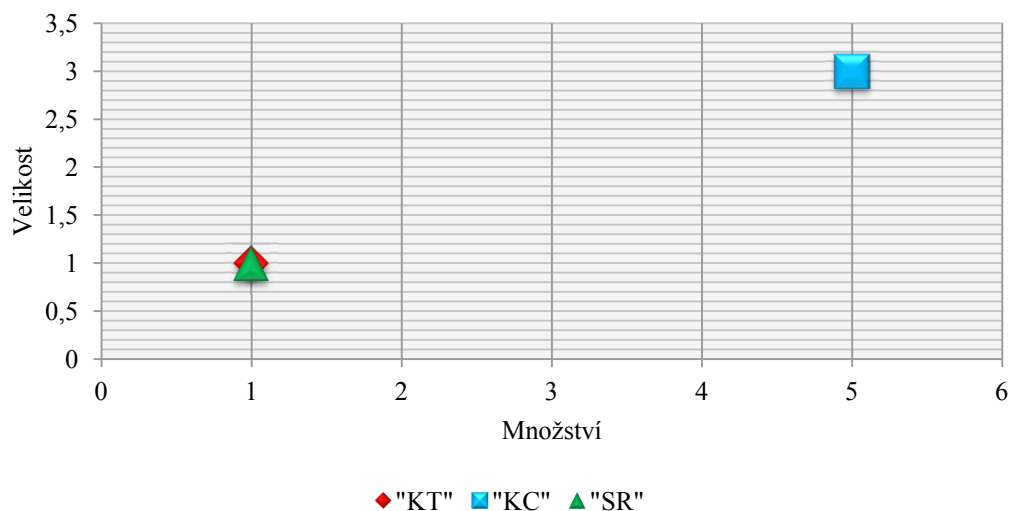
**Graf č.15** - Vyhodnocení stupně prerezavění u vzorků bez řezu

**Stupeň puchýřkování po 3. cyklu ponorové zkoušky  
Vzorky s řezem**

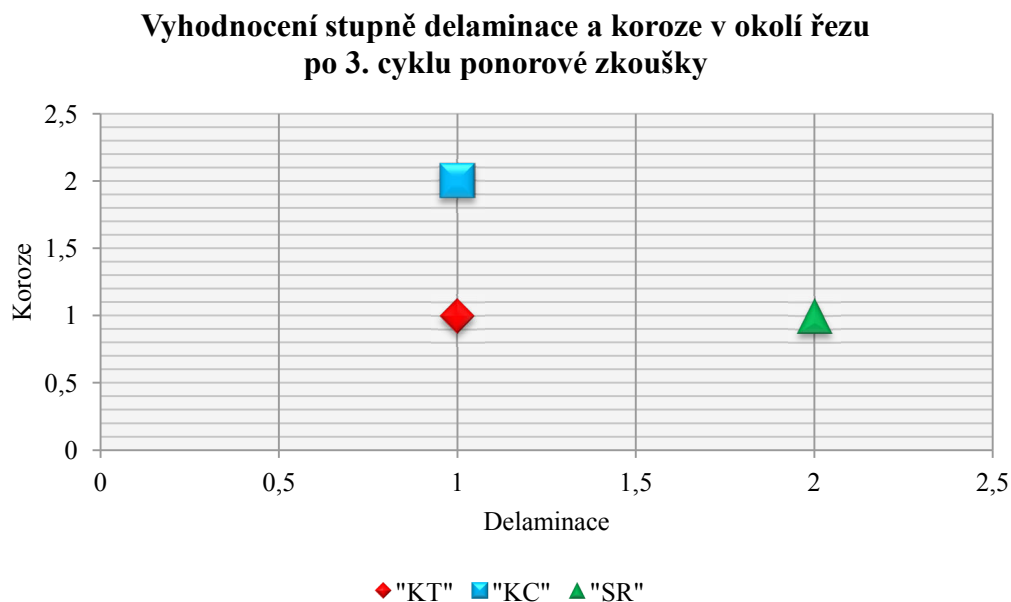


**Graf č.16** - Vyhodnocení stupně puchýřkování u vzorků s řezem

### Stupeň prorozavění po 3. cyklu ponorové zkoušky Vzorky s řezem



**Graf č.17** - Vyhodnocení stupně prorozavění u vzorků s řezem



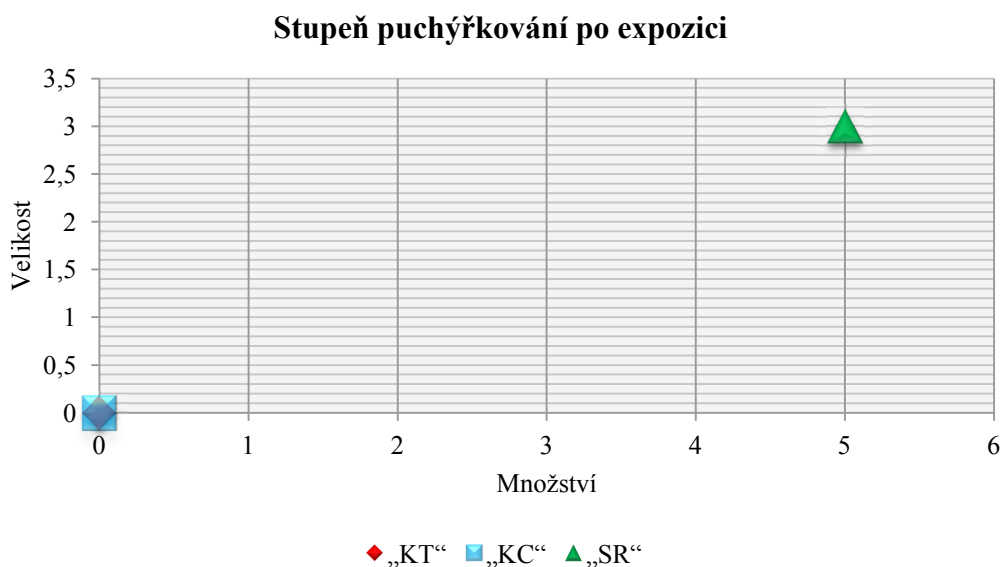
**Graf č.18** - Vyhodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu  
po 3. cyklu ponorové zkoušky

## 6.6 VYHODNOCENÍ ATMOSFÉRICKÉ ZKOUŠKY

Z výsledků atmosférické zkoušky je zřejmé, že nejlepší výsledky vykazoval nátěr Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Nejhorší výsledky prokázal nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu. Grafické znázornění je patrné z grafů č.19, č.20 a č.21.

OZNAČENÍ VZORKŮ	ČASOVÉ ROZMEZÍ	STUPEŇ PUCHÝŘKOVÁNÍ	STUPEŇ PROREZAVĚNÍ	DELAMINACE/ KOROZE
„KT“	Po expozici	0(S0)	Ri1(S1)	1/1
„KC“		0(S0)	Ri1(S1)	2/2
„SR“		5(S3)	Ri1(S2)	3/3

Tabulka č. 42- Vyhodnocení atmosférické zkoušky

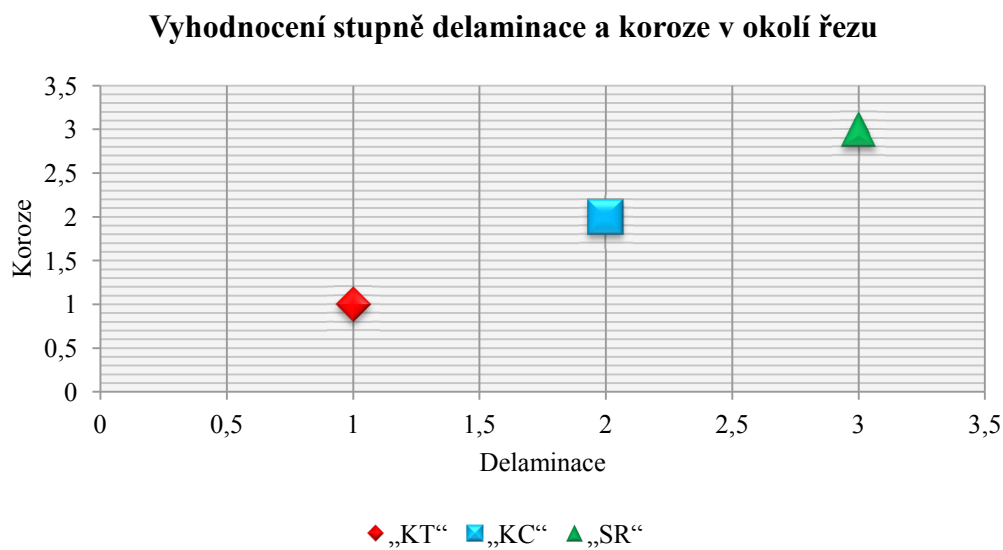


Graf č.19 - Vyhodnocení stupně puchýřkování po expozici





**Graf č.20** - Vyhodnocení stupně prorezavění po expozici



**Graf č.21** - Vyhodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu

## 7. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Podstatnou součástí zhodnocení je i ekonomická stránka výrobního procesu. Posouzení využitelnosti nátěrových hmot při jejich míchání, aplikacích a spotřebě.

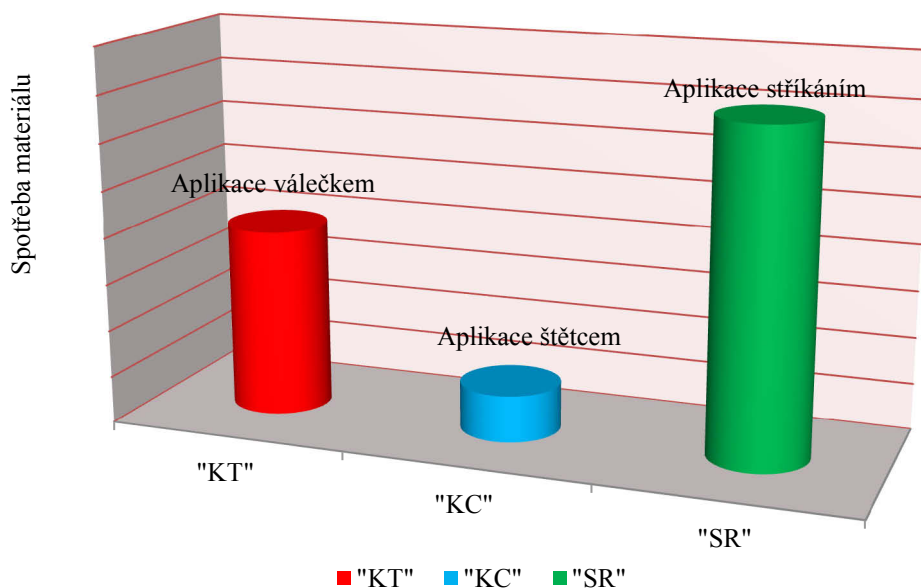
### Dle spotřeby materiálu při aplikaci nátěrových systémů

TYP NÁTĚRU	METODA APLIKACE	ZTRÁTY
„KT“	Válečkem	Střední
„KC“	Štětcem	Malá
„SR“	Stříkáním	Velká

*Tabulka č. 43- Spotřeba materiálu při aplikaci nátěrových hmot*

Z pohledu spotřeby materiálu při aplikaci vychází nejlépe nátěr VCI – 368, který je nanášen štětcem. Výhodou této metody jsou nízké ztráty, avšak vysoké požadavky jsou kladeny na kvalitu pracovní síly. Pro nátěr Valvoline Tectyl 506 EH byl použit váleček, tato metoda je mnohem rychlejší, ale spotřeba materiálu je oproti nanášení štětcem vyšší. Nejvyšší spotřeba při nanášení byla u nanoinhibitorového vodou ředitelného laku na bázi akrylátu.

### Spotřeba materiálu při aplikaci nátěrových systémů



*Graf č.22 - Grafické vyhodnocení spotřeby materiálu při aplikaci nátěrových systémů*

V současné době hraje velikou roli čas, proto se také zabýváme dobou schnutí jednotlivých nátěrů.

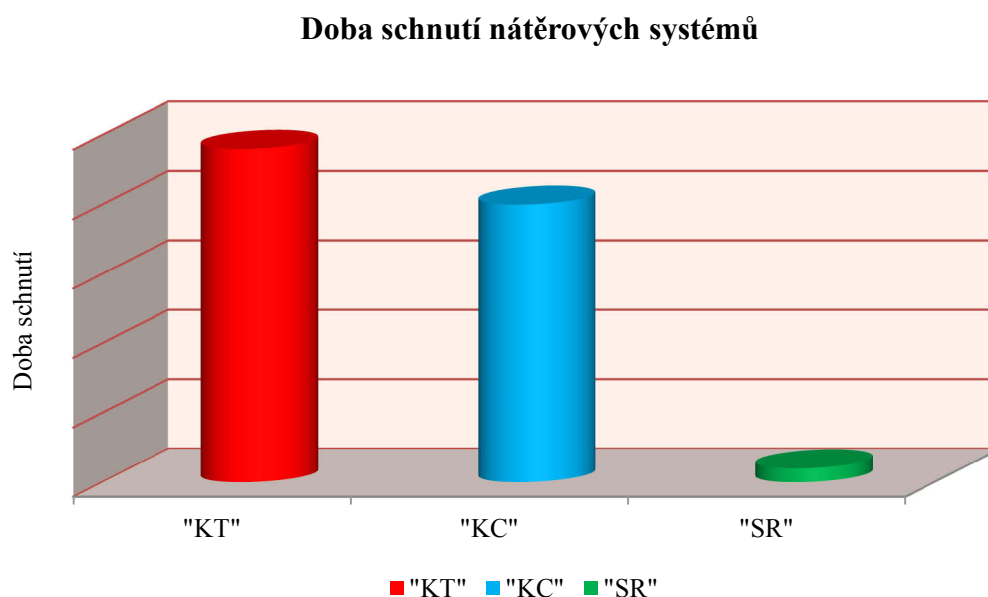
Valvoline Tectyl 506 EH má doporučenou dobu schnutí při  $25^{\circ}\text{C} \pm 24$  hodin. U nátěru VCI – 368 se doba schnutí pohybuje v rozsahu 12-24 hodin. Nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu se vloží do horkovzdušné pece ( $70^{\circ}\text{C}$ ) na dobu 30 minut a posléze se nechá ochladit. Takže doba vytvrzování a zrání trvá  $\pm 1$  hodinu.

Na grafickém znázornění je patrné, že nejkratší dobu schnutí má nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu. Doba schnutí je ovlivněna mnoha faktory, jako teplotou, prouděním vzduchu, vlhkostí a tloušťkou vytvořeného povlaku.

#### Dle doby schnutí nátěrových systémů

TYP NÁTĚRU	DOBA SCHNUTÍ (hodinách)
„KT“	$\pm 24$
„KC“	12-24
„SR“	$\pm 1$

*Tabulka č. 44 - Doba schnutí nátěrových systémů*



*Graf č.23 - Grafické vyhodnocení doby schnutí nátěrových systémů*

Dalším aspektem při rozhodování je tloušťka suché vrstvy nátěru a jejich korozní odolnost. Záleží na požadované době ochrany. Jestliže požadovaná ochrana bude na dobu jednoho roku, pak vyšel nejlépe nátěr typu Valvoline Tectyl 506 EH u vzorků s řezem i bez řezu. Každý odběratel požaduje, aby vzorky byly dodány v požadovaném stavu, splňovaly předem stanovené podmínky a vlastnosti. Údaje jsou zaznamenány v tabulce č. 46 a č. 46.

I když nátěrový systém Valvoline Tectyl 506 EH vykazoval lepší výsledky než nátěr VCI 368 je při srovnání tloušťek suché vrstvy zajímavější nátěr VCI - 368. Pro jeho delší životnost je možné zvýšit tloušťku nátěru.

TYP VZORKU	Průměrná tloušťka suché vrstvy [μm]	Stupeň puchýřkování po 72. hodinách v korozní komoře	Stupeň prorezavění po 72. hodinách v korozní komoře
„KT“	212,2	0(S0)	Ri0(S0)
„KC“	15,9	1(S1)	Ri3(S2)
„SR“	135,1	1(S2)	Ri0(S0)

*Tabulka č. 45 - Porovnání údajů tloušťky suché vrstvy nátěrů a jejich korozní odolnost  
(vzorky bez řezu)*

TYP VZORKU	Průměrná tloušťka suché vrstvy [μm]	Stupeň puchýřkování po 72. hodinách v korozní komoře	Stupeň prorezavění po 72. hodinách v korozní komoře	Delaminace /koroze
„KT“	212,2	0(S0)	Ri0(S0)	1/1
„KC“	15,9	0(S0)	Ri1(S1)	2/4
„SR“	135,1	1(S3)	Ri1(S1)	2/3

*Tabulka č. 46 - Porovnání údajů tloušťky suché vrstvy nátěrů a jejich korozní odolnosti  
(vzorky s řezem)*

## 8. ZÁVĚR

Ve své diplomové práci se zabývám konzervační schopností povlaků aplikovaných na materiály hutní produkce pro krátkodobou protikorozi ochranu. Tyto materiály musí být chráněny před silnou agresivitou okolního prostředí a to speciálními nátěrovými systémy. Diplomová práce je rozdělena do dvou základních částí, a to do teoretické části a experimentální části.

Úkolem teoretické části bylo prostudovat vliv korozního prostředí na výrobky hutní produkce a vlastnosti konzervačních prostředků pro krátkodobou protikorozi ochranu. V první části diplomové práce je podrobně popsána koroze, její základní rozdělení, druhy korozního napadení a také možnosti ochrany proti korozi. Pro úplnost byla v této části také zpracována korozní odolnost kovů vůči stupni agresivity okolního prostředí. V druhé polovině teoretické části byla popsána povrchová ochrana, její důležitost, možnosti a rozdělení těchto úprav. Pro výrobu nátěrových hmot se používá široká škála různých surovin. V této souvislosti jsou v teoretické části podrobně popsány používané suroviny a jejich základní funkce. V závěru teoretické části je vysvětleno využití krátkodobé protikorozi ochrany a blíže určené ukázky ochrany v praxi.

Experimentální část se zabývá konzervační schopností povlaků nanesených na podkladové materiály. Jsou zde popsány postupy jednotlivých zkoušek, které jsou vyhodnoceny. Práce je zaměřena na zkoušení nátěrových systémů. Jako základní materiály byly použity dva druhy materiálů. Jeden typ byl ocelový plech typu KOSMALT – E 300T, který sloužil jako podklad pro dva nátěrové systémy. Druhým typem byl vzorek STANDARD z nízkouhlíkové oceli, který byl základním materiálem pro jeden nátěrový systém. U těchto podkladových materiálů byla stanovena drsnost a zaprášení povrchu. Vzorek KOSMALT – E 300T vykazoval velikost prachových částic 2 a stupeň zaprášení 3 a na vzorku STANDARD z nízkouhlíkové oceli byla velikost částic 1 a stupeň zaprášení také 1.

Úkolem této práce bylo porovnat 3 typy nátěrových systémů. Jednalo se o Valvoline Tectyl 506EH aplikovaný na ocelový plech typu KOSMALT – E 300T. Druhým nátěrovým systémem byl VCI -368 nanesený také na ocelový plech KOSMALT – E 300T. Posledním nátěrovým systémem byl nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu, kde byl podkladovým materiálem vzorek STANDARD z nízkouhlíkové oceli.

U všech povlaků byla stanovena tloušťka mokrého i suchého nátěrového systému. Největší tloušťky vykazoval nátěr Valvoline Tectyl 506 EH a nejmenší nátěr typu VCI-368. Dále byly provedeny zkoušky přilnavosti antikorozičního systému. Mřížková zkouška a křížový řez ukázaly vysokou kvalitu adheze všech nátěrových systémů k povrchu základního materiálu. Stupeň poškození byl u každého povlaku klasifikován jako 0.

Všechny nátěrové systémy mají sloužit jako krátkodobá protikorozní ochrana podkladového materiálu. Korozní zkouška v solné korozní komoře po 72 hodinách expozice ukázala, že nejlepších výsledků dosahuje nátěr typu Valvoline Tectyl 506EH aplikovaný na ocelový plech typu KOSMALT – E 300T. Nátěrové systémy typu VCI -368 a nanoinhibitorový vodou ředitelný lak na bázi akrylátu vykazovaly už vyšší stupeň puchýřkování, prorozavění, delaminace a korozní napadení v okolí řezu. Intenzita puchýřků a prorozavění se s delší dobou expozice neustále zvyšovala.

Z výsledků ponorové zkoušky je patrné, že nejlepší výsledky prokázal nátěr Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. U nátěru nedošlo ke vzniku žádných puchýřků a byl zaznamenán nízký stupeň prorozavění. U ostatních nátěrů byl již patrný vznik defektů typu prorozavění či puchýřků.

Také atmosférická zkouška nám potvrdila, že nejlepších výsledků dosahuje nátěr Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Nejvíce se agresivita atmosféry projevila na nanoinhibitorovém vodou ředitelném laku na bázi akrylátu.

Část diplomové práce byla věnována také ekonomickému zhodnocení, porovnání spotřeby materiálů při aplikaci nátěrových systémů. Také srovnání tloušťky povlaků ke kvalitě ochrany. Porovnána byla také doba schnutí jednotlivých nátěrových systémů.

Výsledky zjištěné v experimentální části nám ukázaly, že všechny nátěry vykazovaly vysokou schopnost adheze k základnímu materiálu. V korozní zkoušce v solné korozní komoře a ponorové zkoušce nejlepší výsledky vykazoval nátěr Valvoline Tectyl 506 EH na ocelovém plechu typu KOSMALT – E300T. Nevýhodou tohoto nátěru však byla největší tloušťka, což způsobuje vyšší spotřebu materiálu. Při srovnání tloušťek suché vrstvy vykazuje nátěr VCI - 368 velmi dobré výsledky. Pro jeho delší životnost je potřeba zvětšit tloušťku nátěru. Pro správné rozhodnutí je potřeba znát přesně požadovanou dobu, po kterou má nátěr chránit podkladový materiál a agresivitu okolního prostředí.



## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTONÍČEK, Robert, et al. *Koroze a protikorozi ochrana kovů*. 1. vyd. Brno: Academia, 1966. 720 s.
- [2] DVOŘÁČKOVÁ, Kateřina. *Studium vlastností vybraných prostředků používaných pro ochranu kovů proti korozi*. Brno, 2007. Bakalářská práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta.
- [3] MOHYLA, Miroslav. *Koroze a povrchové úpravy kovů ve strojírenství*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1981. ISBN 163393--7317/81.
- [4] ČERNÝ, M. a kol., *Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů*, 1.vydání, Praha SNTL, 1984, 264 s, DT 620.193:669.018.
- [5] Opora koroze: Vutbr. *Opora koroze* [online]. 2012 [cit. 2012-11-07]. Dostupné z: <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/oporakoroze4/k2.html>
- [6] *Koroze kovů v prostředí chloridů podle kritérií globálního harmonizovaného systému*. Brno, 2010. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=30548](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30548).  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ústav materiálových věd a inženýrství. Vedoucí práce Ing. EVA NOVOTNÁ, Ph.D., Paed IGIP.
- [7] Koroze kovů: Prostředím vyvolané praskání. *Koroze kovů* [online]. 2013 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/d\\_pra sk.htm#17](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_pra sk.htm#17)
- [8] ČSN EN ISO 12 944-2. *Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [9] TLAK Info: Koroze v potrubních systémech. *Tlak Info* [online]. 2013 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1827&z=2>



- [10] Svúom: Atmosférická koroze. *Svúom* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.svuom.cz/index.php?zobraz=atmkoroze&lang=cz>
- [11] Koroze kovů: Půdní koroze. *Koroze kovů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/p\\_pud\\_a.htm#obr5](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/p_pud_a.htm#obr5)
- [12] Koroze kovů: Elektrochemická koroze kovů. *Koroze kovů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/t\\_elch\\_em.htm#obr25](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/t_elch_em.htm#obr25)
- [13] Koroze kovů: Postupy protikorozní ochrany. *Koroze kovů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/o\\_uvo\\_d.htm#obr1](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_uvo_d.htm#obr1)
- [14] Koroze kovů: Elektrochemická protikorozní ochrana. *Koroze kovů* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/o\\_elc\\_hem.htm#obr8](http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/o_elc_hem.htm#obr8)
- [15] Opora koroze: Vutbr. *Opora koroze* [online]. 2012 [cit. 2012-11-07]. Dostupné z: <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/oporakoroze4/k3.html>
- [16] KUBÁTOVÁ, H. a kol. *Nátěry kovů*. Praha: Grada publishing, spol. s r. o., 2000, 101 s. ISBN 80-247-9035-1.
- [17] MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [18] KŘENKOVÁ, Petra. *Antikorozní ochrana kovů a povrchové úpravy kovových výlisků*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. Dostupné z: [http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/510/k%C5%99enkov%C3%A1\\_2006\\_bp.pdf?sequence=1](http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/510/k%C5%99enkov%C3%A1_2006_bp.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.





- [19] Cortec Czech: Koroze pod kontrolou. *Cortec Czech* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.korozepodkontrolou.cz/>
- [20] Koroze pod kontrolou: Komplexní kontrola koroze. *Koroze pod kontrolou* [online]. 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.korozepodkontrolou.cz/download/Cortec.pdf>
- [21] Valvolineeuropa: Produkty tectyl. *Valvolineeuropa* [online]. 2001-2013 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <http://www.valvolineeuropa.com/czech/products/tectyl?category=tectyl>
- [22] Kontrola jakosti. [online]. [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: [http://www.kmm.zcu.cz/Blahova/CDPOU/content/data/cviceni\\_4.pdf](http://www.kmm.zcu.cz/Blahova/CDPOU/content/data/cviceni_4.pdf)
- [23] ČSN ISO 8502-3 : *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání*. Praha : Český normalizační institut, Srpen 1999. 12 s.
- [24] *Studium sklokeramických povlaků pro použití v biologickém prostředí*. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie. Vedoucí práce doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.
- [25] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [26] BLÁHOVÁ. Kontrola jakosti povlakových systému. Katedra materiálu a strojírenské metalurgie [online]. 2012 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: [http://www.kmm.zcu.cz/Blahova/CDPOU/content/data/cviceni\\_9.pdf](http://www.kmm.zcu.cz/Blahova/CDPOU/content/data/cviceni_9.pdf)
- [27] ČSN EN ISO 16276-2 : *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – Část2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha : Český normalizační institut, Leden 2008. 16 s.
- [28] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, Říjen 2007. 16 s.



- [29] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty – stanovení tloušťky nátěru*. Praha : Český normalizační institut, Říjen 2007. 40 s.
- [30] ČSN EN ISO 9227 : *Korozní zkoušky v umělých atmosférách – zkoušky solnou mlhou*. Praha : Český normalizační institut, Březen 2007. 24 s.
- [31] ČSN 67 3087 : *Zrychlená ponorová zkouška odolnosti nátěrů proti podkorodování – Postup podle Machu a Schiffmana. Laboratorní zkoušky ochranné účinnosti nátěrů na kovech*. Praha, Český normalizační institut, 1981.
- [32] MITUTOYO Surftest SJ-301. *MITUTOYO Surftest SJ-301* [online]. 2001-2005, 2012 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: [http://www.ipe.cuhk.edu.hk/Equipment\\_list/surfest.htm](http://www.ipe.cuhk.edu.hk/Equipment_list/surfest.htm)
- [33] Elecometer 456. [Elcometersales.com](http://elcometersales.com) [online]. 2012 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: <http://elcometersales.com/eng/gauge.php?b=2&g=12&e=88>
- [34] ČSN EN ISO 4628-2. *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledu – Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [35] ČSN EN ISO 4628-3. *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzita jednotlivých změn vzhledu – Část 3: Hodnocení stupně prorezavění*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [36] ČSN EN ISO 4628-8. *Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzita jednotlivých změn vzhledu – Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu*. Praha: Český normalizační institut, 2004.



## SEZNAM PŘÍLOH

### Příloha A

- technický list Cortec VCI-368
- technický list VALVOLINE tectyl 506-EH

### Příloha B

- celková fotodokumentace vzorků v průběhu korozní zkoušky

### Příloha C

- celková fotodokumentace zaprášení povrchů dle ČSN ISO 8502-3
  - ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla
  - vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné

**Příloha A**

- Technický list Cortec VCI-368

**TECHNICKÉ ÚDAJE**

VCI-368

Nátěr

**Popis výrobku**

VCI-368 je jeden z nejvyšších kvalitních nátěrů, které poskytují antikorozi ochranu kovům, které jsou vystaveny náročným venkovním klimatickým podmínkám. VCI-368 zanechává pevný, voskový povlak, který je lehce odstranitelný alkalickým čisticím VCI-414.

**Hlavní přednosti**

- Ochrana všech druhů kovů
- Odolnost vůči UV záření
- Odpuzuje vlhkost
- Vytvrzený povlak je odolný vůči vysokým teplotám až do 200°C
- Odpovídá normám MIL-C-16173D (stupeň 1 & 2)
- NSN 8030-00-62-6950
- NATO 6850-66-132-5848
- NATO 6850-66-132-6099

**Vlastnosti**

Vzhled	hnědá tekutina
Nátěr	7-8 m <sup>2</sup> /litr; 75 μ
Doba schnutí	12 – 24 hodin
Manipulovatelnost	za 0,5 – 3 hodiny
Typ povlaku	pevný, voskový
Skladovatelnost	24 měsíců (24°C)
Obsah sušiny	57 – 61%
Viskozita	600 – 5000 cps
Hmotnost	0,89 – 0,91 kg/l

*Poznámka: doba schnutí je ovlivněna teplotou, prouděním vzduchu a vlhkostí.*

**Typické aplikace**

- Nátěr potrubí
- Skladování materiálu
- Nátěr podvozku
- Ocelová lana
- Ocelové desky
- Strojně opracované díly

**Vhodné pro ochranu těchto kovů:**

- Uhlíková ocel
- Nerez ocel
- Měď
- Hliník
- Litina

**Způsob aplikace**

VCI-368 může být aplikován nátěrem štětcem nebo nanesením pomocí stříkací pistole. Doporučená síla povlaku je nejméně 50 – 70 μ u materiálů, které jsou skladovány v prostředí s působením klimatických vlivů.

**Způsob odstranění**

Použijte rozpouštědlo nebo minerální alkoholy pro vyčištění náradí a na oplach.

**Balení**

VCI-368 je balený v 19 litrových plastových nádobách, 208 litrových kovových sudech nebo v 310 gramových plechovkách s aerosolem.

**Příloha A**

- Technický list VALVOLINE tectyl 506-EH

**TECHNICKÝ LIST****PRODUKT:**

- **VALVOLINE tectyl 506-EH**

**POPIS:**

- **VALVOLINE tectyl 506 EH** je , vosková, antikoroziční látka s možností širokého využití jako: údržba vozidel, ochrana strojního zařízení a součástek na skladě... **valvoline tectyl 506 eh** chrání součástky uložené v krytých i venkovních skladech, při tuzemské i mezinárodní přepravě.
- **VALVOLINE tectyl 506 EH** PO ZASCHNUTÍ VYTVOŘÍ VOSKOVOU VRSTVU.

**PŘÍPRAVA POVRCHU:**

Maximální účinnost **VALVOLINE TECTYL 506 EH** bude dosažena pouze za předpokladu, že povrchy, které mají být ošetřeny, jsou čisté, suché a zbavené rzi, olejových skvrn a kovových šupinek (špon). Valvoline doporučuje, aby v době aplikace výrobku byla teplota ošetřované plochy 10-35 °C.

**POUŽITÍ:**

**VALVOLINE TECTYL 506 EH** je vyroben tak, aby mohl být použit ihned po dodání.

Před použitím promíchejte. Jestliže výrobek zhoustne díky skladování v chladném prostředí nebo ztratí tekutost během používání, kontaktujte Valvoline. Nesprávné zředění může ovlivnit strukturu povlaku, dobu schnutí a účinnost výrobku. Valvoline doporučuje, aby teplota ošetřovaného povrchu i okolního prostředí byla v době aplikace 10-35 °C.



**VALVOLINE TECTYL 506 EH** lze aplikovat stříkáním, máčením nebo natírat štětkou. Chránit před mrazem.

### **ODSTRANĚNÍ:**

**VALVOLINE TECTYL 506 EH** lze odstranit minerálním líhem nebo jakýmkoliv podobným ropným rozpouštědlem, opláchnutím horkým alkalickým čisticím nebo tlakem horké páry.

### **USKLADNĚNÍ:**

Vhodná teplota pro uskladnění **VALVOLINE TECTYL 506 EH** je 10-35 °C.

Před použitím se doporučuje promíchat.

### **UPOZORNĚNÍ:**

Důkladné větrání usnadní zasychání a zabrání tvorbě vznětlivých par.

ČÁSTEČNĚ ZASCHLÝ POVLAK BY NEMĚL BÝT VYSTAVOVÁN ZDROJŮM MOŽNÉHO VZNÍCENÍ (ZÁBLESKY, PLAMENY, JISKRY, NADMĚRNÝ ŽÁR NEBO HOŘÁKY). Další informace o vhodné manipulaci a první pomoci – naleznete v Bezpečnostním listu produktu.

### **POZNÁMKA:**

Nanášení jakéhokoliv produktu přes nebo pod tento nátěr se nedoporučuje. Nátěry by mohly být vzájemně neslučitelné a ovlivnit tak účinnost **VALVOLINE TECTYL 506 EH**, která by pak nemusela odpovídat standardům uvedených v oddíle Technické vlastnosti. Pokud chcete použít jako podkladový nátěr jiný výrobek, než který doporučuje Valvoline, je třeba, aby jej Valvoline schválil.

**TECHNICKÉ VLASTNOSTI:**

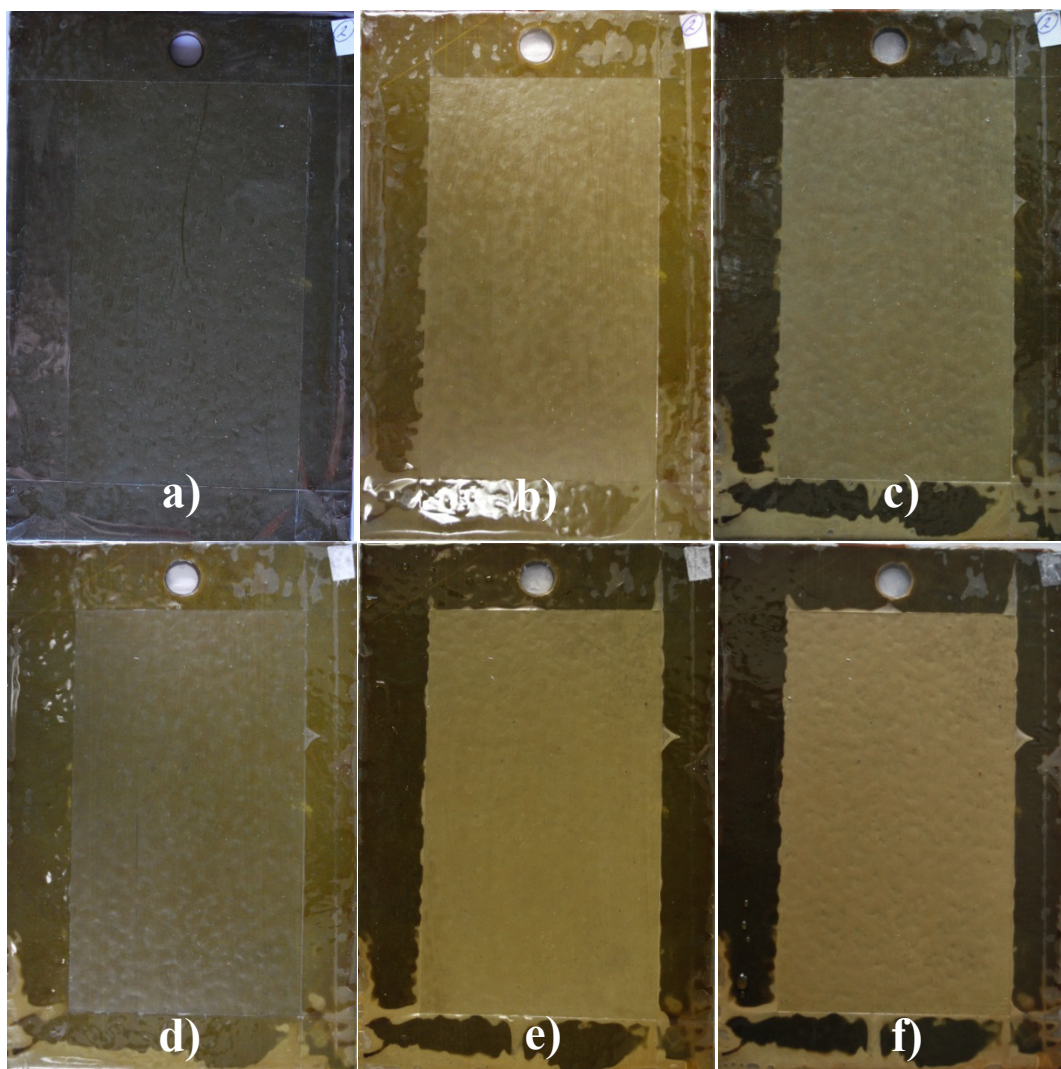
Bod vzplanutí	°C	40
Hustota	kg/l	0,870
Doporučená tloušťka suché vrstvy	microny	50
Teoretické pokrytí při průměrném doporučení	m <sup>2</sup> /l	9,6
DFT		
Netěkavá látka	% hm.	54
Viskozita při 20 °C	sekundy	180
Doba zasychání při 25 °C	(možnost dotyku po 2 hod.) hodiny	± 2
Doba schnutí při 25 °C	(úplné zaschnutí) hodiny	± 24
Kapacita organických těkavých látek	g/l	397
Odolnost: postřik 5% solným roztokem	dny	40
Vlhkostní komora při 40 °C	dny	100
Informativní doba ochrany povrchu	roky	3 - 4



**Příloha B**

Celková fotodokumentace vzorků v průběhu korozní zkoušky.

Vzorky „KT“ bez řezu

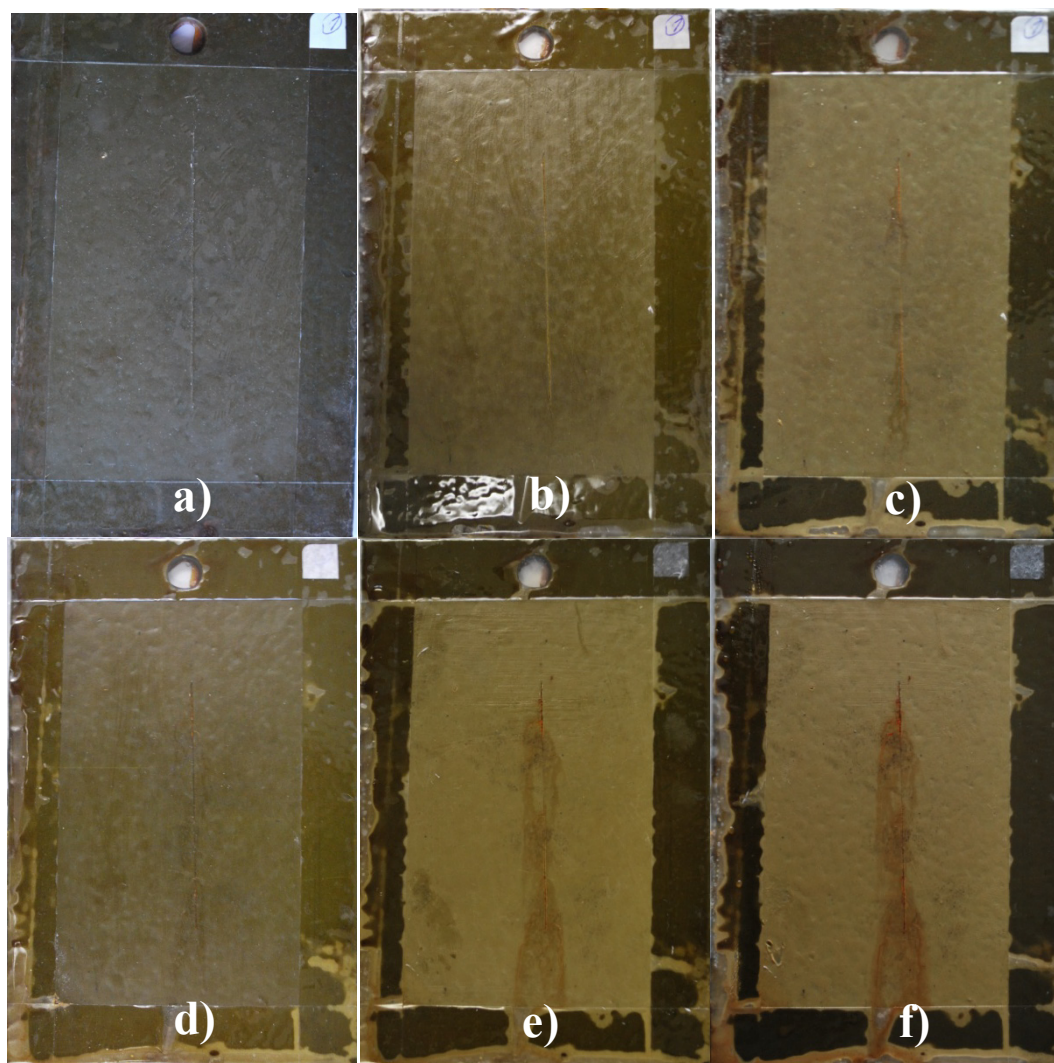


**Obrázek č. 1** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře



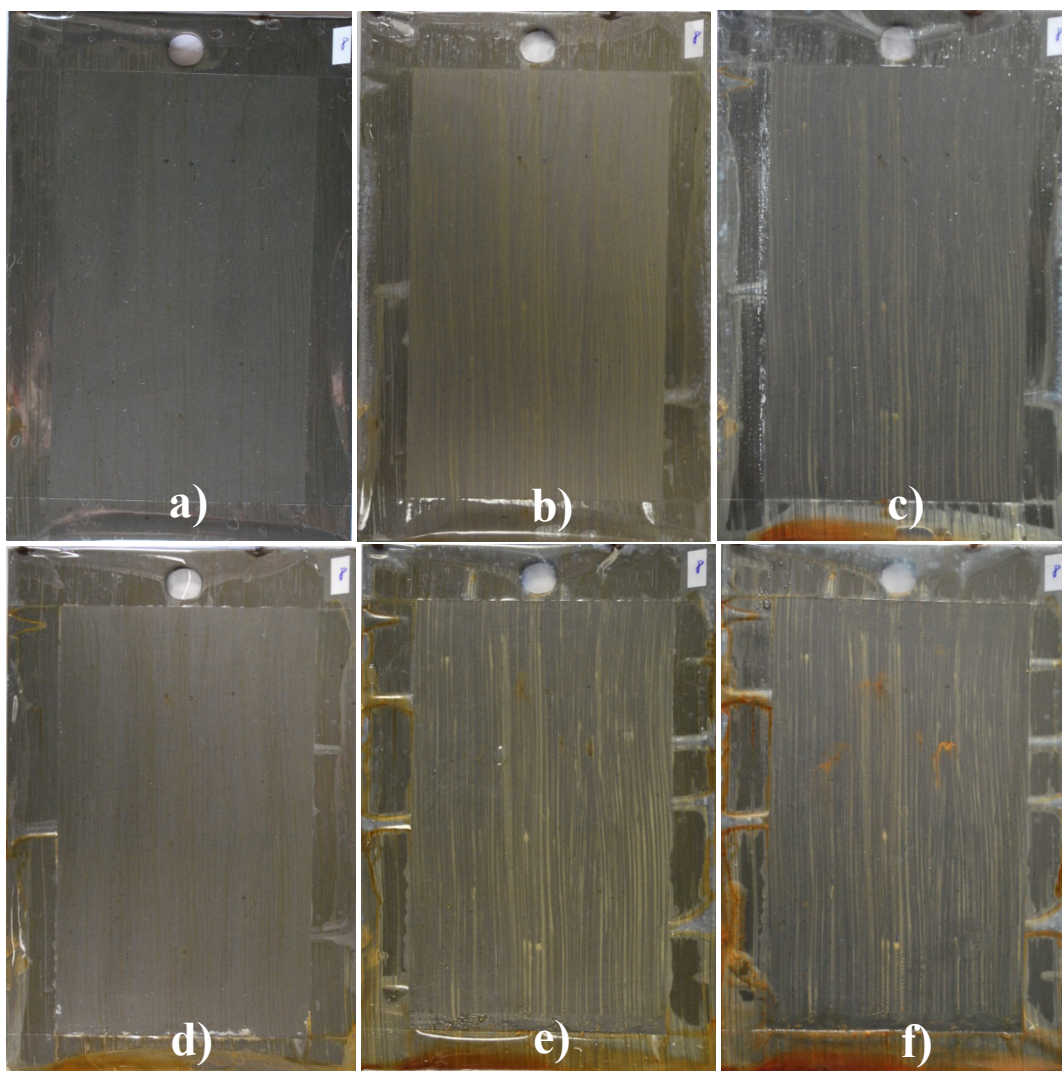
Vzorky „KT“ s řezem



**Obrázek č. 2** – Fotografické snímky degradace „KT“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

Vzorky „KC“ bez řezu

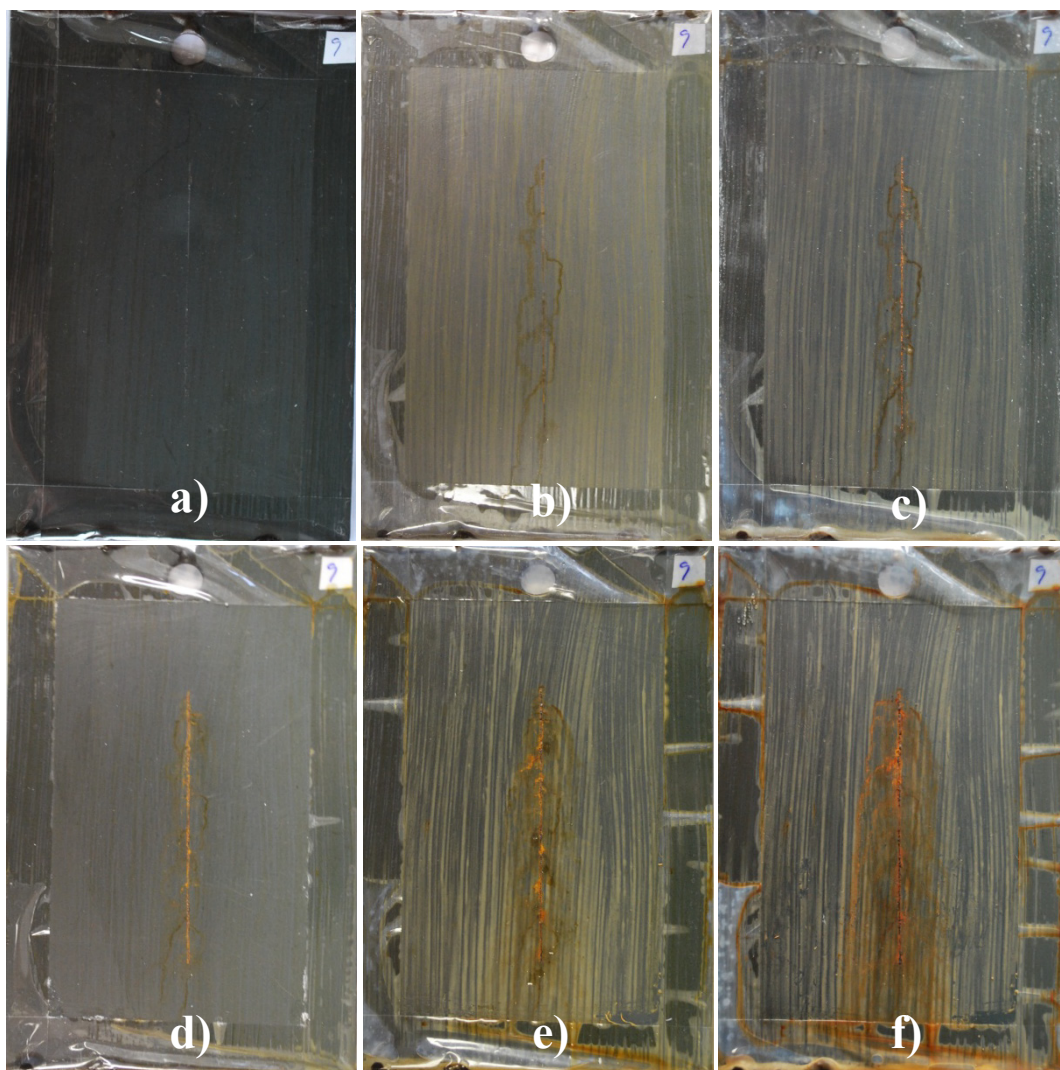


**Obrázek č. 3** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře



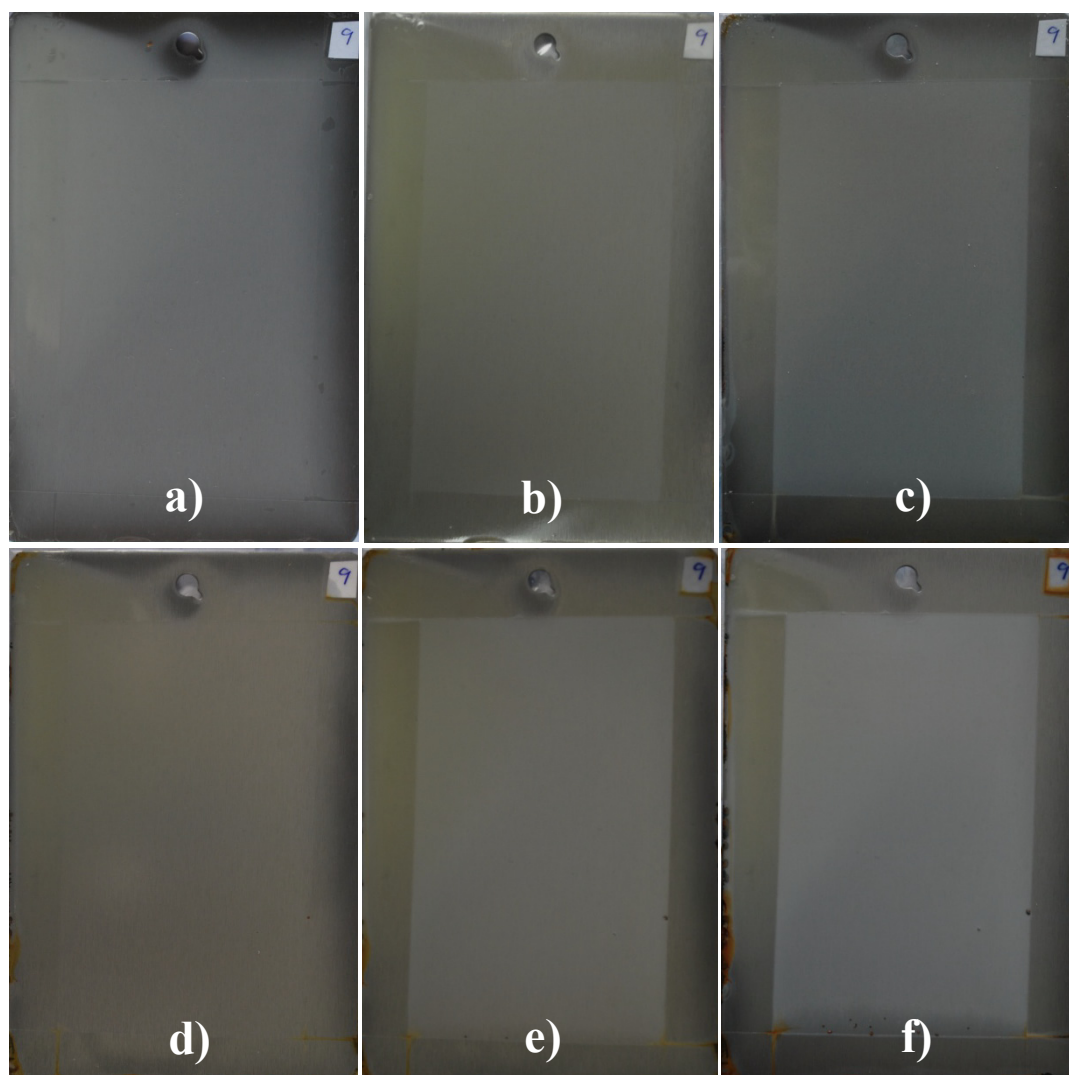
## Vzorky „KC“ s řezem



**Obrázek č. 4** – Fotografické snímky degradace „KC“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

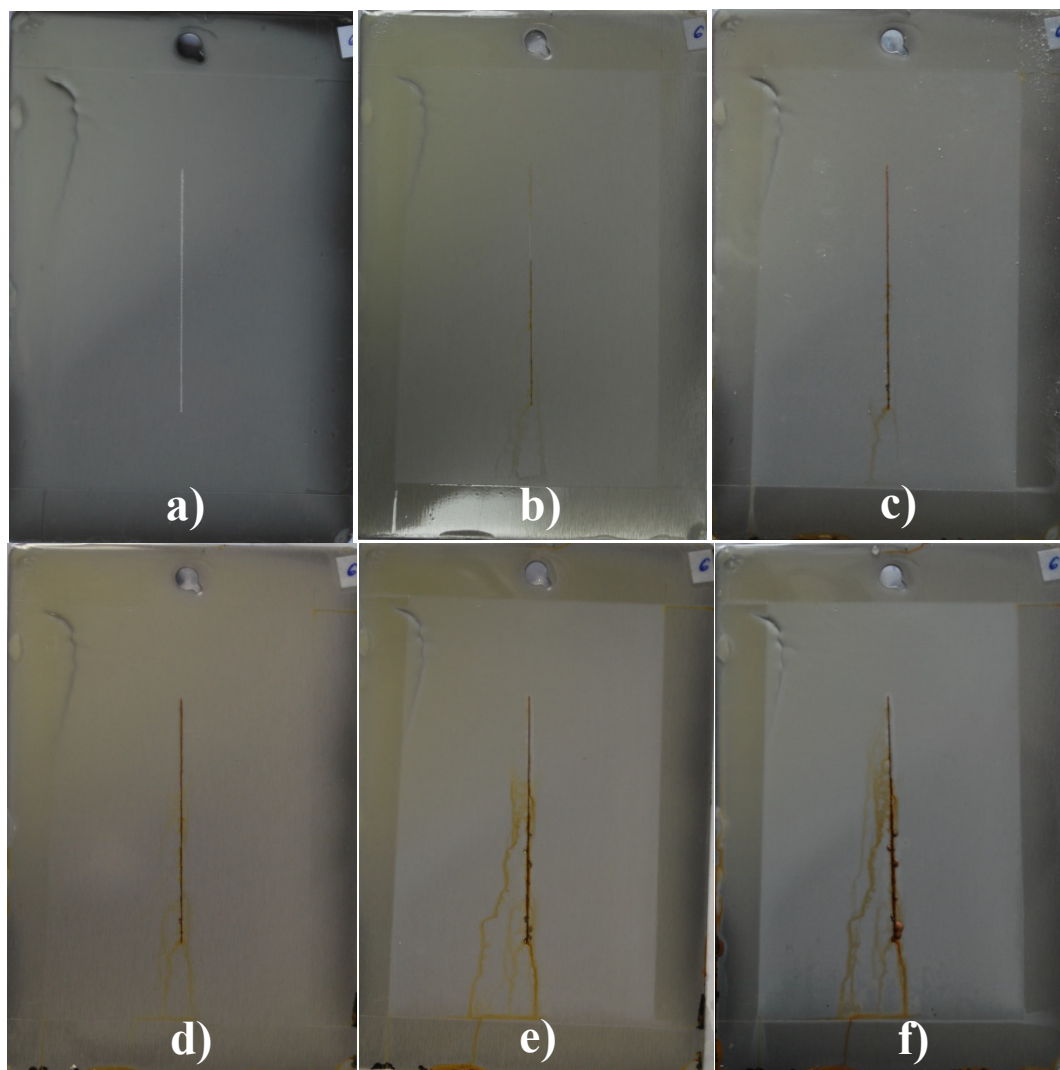
Vzorky „SR“ bez řezu



**Obrázek č. 5 –** Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů bez řezu

- a) před vložením do korozní komory*
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře*
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře*
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře*
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře*
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře*

Vzorky „SR“ s řezem






**Obrázek č. 6** – Fotografické snímky degradace „SR“ nátěrů s řezem

- a) před vložením do korozní komory
- b) po 8 hodinách expozice v korozní komoře
- c) po 16 hodinách expozice v korozní komoře
- d) po 24 hodinách expozice v korozní komoře
- e) po 48 hodinách expozice v korozní komoře
- f) po 72 hodinách expozice v korozní komoře

**Příloha C**


- celková fotodokumentace zaprášení povrchů dle ČSN ISO 8502-3
  - ocelový plech typu KOSMALT – E 300T – válcovaný za tepla

OCELOVÝ PLECH TYPU KOSMALT – E 300T VÁLCOVANÝ ZA TEPLA	
Číslo měření	Zaprášení povrchu
1.	
2.	
3.	

**Tabulka č. 1** – Fotografické snímky hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3

**Příloha C**

- celková fotodokumentace zaprášení povrchů dle ČSN ISO 8502-3
  - vzorky STANDARD z nízkouhlíkové oceli – očištěné a odmaštěné

VZORKY STANDARD Z NÍZKOUHLÍKOVÉ OCELI OČIŠTĚNÉ A ODMAŠTĚNÉ	
Číslo měření	Zaprášení povrchu
1.	
2.	
3.	

**Tabulka č. 2** – Fotografické snímky hodnocení zaprášení povrchu dle ČSN ISO 8502-3